

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA
POBLACIÓN DE LA PLAYITA, SITIO NUEVO MAGDALENA.**

RUBÉN DARÍO CAMACHO FIGUEROA

MARÍA FERNANDA PEÑA BERMEJO



UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

BARRANQUILLA, COLOMBIA

2018

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA
POBLACIÓN DE LA PLAYITA, SITIO NUEVO MAGDALENA.**

RUBÉN DARÍO CAMACHO FIGUEROA

MARÍA FERNANDA PEÑA BERMEJO

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Ambiental

DIRECTORES:

INGENIERO RUBÉN CANTERO RODELO

INGENIERO FABIÁN ALBERTO ATENCIO SARMIENTO

UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

BARRANQUILLA, COLOMBIA

2018

Dedicatoria

Primeramente a Dios quien me levanta cada día y me permite soñar, a mi madre María por protegerme durante todo el camino que significó mi carrera profesional. A mis padres Liliana Bermejo y Edwin Peña por incentivar en mí la importancia de la educación y la formación, sobre todo en valores. A cada profesor en las diferentes etapas de mi vida que han puesto su granito de arena para ser quien soy hoy. A mi compañero de trabajo de grado Rubén Camacho, por su disposición y entrega en este proyecto. A todos y cada uno de mis amigos de universidad: Adriana, Alejandra, Amadis, Enzo y Saúl, porque con su ayuda durante toda la carrera hemos podido llegar hasta aquí. Al profesor Rubén Cantero por estar dispuesto a colaborar y guiarnos en el proceso de desarrollo de este trabajo. A la comunidad de “La Playita” por abrirnos las puertas de sus hogares y proporcionarnos la información pertinente para conocer sus necesidades.

MARÍA FERNANDA PEÑA BERMEJO

Dedicatoria

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. A mis padres Claudia Figueroa de la hoz y Rubén Camacho Guzmán Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre y por el valor mostrado para salir adelante. A Brandon Romero Vittorino por ser esa persona de apoyo constante y animarme a ser mejor persona cada día. A mis amigos, quienes nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional: María Fernanda Peña, Enzo Antequera, Alejandra González, Adriana Fornaris y Saúl Ruedas.

RUBEN DARÍO CAMACHO FIGUEROA

Resumen

El objetivo de este proyecto de investigación fue diseñar una Planta de Tratamiento de Agua Potable para la población de La Playita, Sitio Nuevo, Magdalena. Para empezar, fue necesario realizar una encuesta que arrojó como resultado que el sitio de estudio cuenta con 100 habitantes; los cálculos de la población futura muestran que para dentro de 25 años la población será de 200 habitantes con lo cual se pudieron diseñar los caudales. De esta manera el Qmd fue de 2,6 l/s; el QMD fue de 3,4 l/s y el QMH fue de 4,2 l/s; luego se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la fuente de abastecimiento que fue el río Magdalena, con estos resultados se concluyó que las unidades de tratamiento del sistema de abastecimiento serían: desarenador, coagulación, vertedero triangular de 90°, floculación, sedimentador, filtración, desinfección y tanque de almacenamiento, y, finalmente el presupuesto total para la construcción de la planta de tratamiento de agua potable de La Playita fue de \$10,906.270.

Palabras Clave: Planta, Tratamiento, Agua, Caudales

Abstract

The objective of this research project was to design a Potable Water Treatment Plant for the population of La Playita, Sitio Nuevo, and Magdalena. To begin with, it was necessary to carry out a survey that showed that the study site has 100 inhabitants; the calculations of the future population show that for 25 years the population will be 200 inhabitants, so that the flows could be designed. In this way the Qmd was 2.6 l / s; the QMD was 3.4 l / s and the QMH was 4.2 l / s; Then the physicochemical and microbiological characterization of the source of supply that was the Magdalena River was carried out, with these results it was concluded that the treatment units of the supply system would be: sand trap, coagulation, triangular 90 ° weir, flocculation, sedimentation, filtration , disinfection and storage tank, and, finally, the total budget for the construction of the La Playita drinking water treatment plant was \$ 10,906,270.

Keywords: Plant, Treatment, Water, Flows

Contenido

Introducción	19
1. Objetivos	23
1.1. Objetivo General	23
1.2. Objetivo Específicos	23
2. Justificación.....	24
3. Planteamiento y formulación del problema	27
4. Marco referencial	30
4.1. Antecedentes	30
4.2. Marco Teórico	33
4.2.1. Sistema de abastecimiento de agua potable	33
4.2.2. Clasificación de los sistemas de abastecimiento de agua potable	34
4.2.3. Componentes básicos de un sistema de abastecimiento de agua potable	35
4.2.4. Calidad de agua	37
4.2.5. Indicadores de la calidad del agua.....	37
4.2.6. Tratamiento de agua potable	38
4.2.7. Coagulación (CEPIS, 2004).	38
4.2.8. Mezcla rápida	39
4.2.9. Floculación	39
4.2.10. Sedimentación	39

4.2.11. Filtración	40
4.2.12. Desinfección	40
4.3 Marco Legal	40
5. Metodología	47
5.1. Tipo de investigación	47
5.2. Alcance de la investigación.....	47
5.3. Área de estudio.....	47
5.2. Técnicas de investigación	49
5.2.1. Información primaria.....	50
5.2.2. Información secundaria	50
5.3. Etapas de la investigación	50
5.4. Unidades de tratamiento.....	51
6. Análisis de resultados.....	52
6.1. Etapa 1: Caracterización de la fuente de abastecimiento	52
6.2. Etapa 2: Cálculos para la dimensión de la PTAP.....	54
6.3. Unidades de tratamiento.....	60
6.3.1. Desarenador	60
6.3.2. Coagulación.....	61
6.3.3. Mezcla rápida (Vertedero triangular de 90°).....	62
6.3.4. Floculación	63
6.3.5. Sedimentador	65

6.3.6. Filtración.....	66
6.3.7. Desinfección	67
6.3.8. Almacenamiento.....	68
Conclusiones	70
Recomendaciones.....	72
Referencias	73
ANEXOS.....	77

Lista de tablas y figuras**Tablas.**

Tabla 1. Indicadores de la calidad del agua	37
Tabla 2. Marco Legal	40
Tabla 3. Tabla de valores máximos de características físicas.....	44
Tabla 4. Tabla de características químicas	45
Tabla 5. Tabla de características microbiológicas del agua.....	46
Tabla 6. Caracterización de la fuente de abastecimiento (Río Magdalena).....	53
Tabla 7. Proyección de la población	54
Tabla 8. Dotación neta máxima	56
Tabla 9. Factores de mayoración	57
Tabla 10. Caudales de diseño.....	58
Tabla 11. Resultados del diseño del desarenador	60
Tabla 12. Resultado del diseño del proceso de coagulación.....	61
Tabla 13. Resultado del diseño del vertedero triangular.....	62
Tabla 14. Resultado del diseño del floculador.....	64
Tabla 15. Resultado del diseño del sedimentador.....	65
Tabla 16. Resultado del diseño del filtro	66
Tabla 17. Resultado del proceso de desinfección	67
Tabla 18. Resultado del tanque de almacenamiento	68
Tabla 19. Costos para la construcción de la planta de tratamiento de agua potable.....	68
Tabla 20. Capacidad de almacenamiento de un tanque	98

Figuras.

Figura 1. Etapas del tratamiento de agua potable	38
Figura 2. Ubicación del país (Colombia) en donde se realizará el diseño de la planta de tratamiento de agua potable.	48
Figura 3. Ubicación de La Playita. cada punto rojo está mostrando donde está ubicada cada casa o finca de esta región.	49
Figura 4. Curva de dosificación	104

Lista de ecuaciones

Ecuación 1. Cálculo de las ratas de crecimiento.....	54
Ecuación 2. Cálculo de la población futura	55
Ecuación 3. Cálculo de la población flotante.....	55
Ecuación 4. Cálculo de la dotación bruta.....	56
Ecuación 5. Cálculo del caudal medio diario.....	56
Ecuación 6. Cálculo del caudal medio diario.....	57
Ecuación 7. Cálculo del caudal máximo horario	57
Ecuación 8. Cálculo del área.....	58
Ecuación 9. Cálculo del diametro	59
Ecuación 10. Cálculo del para el ajuste del diametro	59
Ecuación 11. Cálculo para la velocidad.....	59
Ecuación 12. Formula para el cálculo de la población futura.....	79
Ecuación 13. Formula para el cálculo de la dotación neta máxima.....	80
Ecuación 14. Formula para el cálculo del caudal medio diario	81
Ecuación 15. Formula para el cálculo del caudal máximo diario	81
Ecuación 16. Formula para el cálculo del caudal máximo horario.....	81
Ecuación 17. Formula para el cálculo del área	82
Ecuación 18. Formula para el cálculo del diametro de la linea de aducción	82
Ecuación 19. Fórmula para el cálculo del área con el diámetro ajustado	82
Ecuación 20. Formula para el cálculo de la velocidad de la linea de aducción	82
Ecuación 21. Formula para el cálculo de la velocidad de sedimentación.....	84

Ecuación 22. Fórmula para el cálculo del número de Reynolds	84
Ecuación 23. Formula para el cálculo del coeficiente de arrastre.....	84
Ecuación 24. Formula para el cálculo de la velocidad de sedimentación final	85
Ecuación 25. Formula para el cálculo del área superficial	85
Ecuación 26. Fórmula para el cálculo del ancho del desarenador	85
Ecuación 27. Fórmula para el cálculo de la velocidad horizontal	86
Ecuación 28. Formula para el cálculo de la velocidad limite	86
Ecuación 29. Fórmula para el cálculo de la longitud de transición	86
Ecuación 30. Fórmula para el cálculo del dosificador del coagulante.....	87
Ecuación 31. Fórmula para el cálculo del caudal unitario	87
Ecuación 32. Fórmula para el cálculo del volumen solución del tanque.....	87
Ecuación 33. Formula para el cálculo del consumo promedio diario.....	87
Ecuación 34. Formula para el cálculo de la altura máxima del vertedero	88
Ecuación 35. Formula para el cálculo del caudal unitario del vertedero	88
Ecuación 36. Formula para el cálculo de la altura crítica.....	88
Ecuación 37. Formula para el cálculo de la altura de agua en la sección 1	88
Ecuación 38. Formula para el cálculo de la velocidad en la sección 1	88
Ecuación 39. Fórmula para el cálculo del número de froude	89
Ecuación 40. Formula para el cálculo de la altura de agua en la sección 2	89
Ecuación 41. Formula para el cálculo de la velocidad en la sección 2.....	89
Ecuación 42. Formula para el cálculo de la longitud del resalto	89
Ecuación 43. Formula para el cálculo de la distancia del vertedero a la salida de la sección	89
Ecuación 44. Formula para el cálculo de la perdida de carga en el resalto	90

Ecuación 45. Formula para el cálculo de la la velocidad media	90
Ecuación 46. Formula para el cálculo del tiempo de mezcla.....	90
Ecuación 47. Formula para el cálculo del gradiente de velocidad.....	90
Ecuación 48. Formula para el cálculo la longitud de los canales del floculador	91
Ecuación 49. Formula para el cálculo del área de los canales del floculador.....	91
Ecuación 50. Formula para el cálculo de la lamina de agua del floculador.....	91
Ecuación 51. Formula para el cálculo de la profundidad del tanque del floculador.....	91
Ecuación 52. Formula para el cálculo de los espacios entre tabiques	92
Ecuación 53. Formula para el cálculo del nacho del floculador	92
Ecuación 54. Fórmula para el cálculo del número de canales en cada tramo.....	92
Ecuación 55. Fórmula para el cáluculo de la longitud de cada tramo	92
Ecuación 56. Formula para el cálculo de las perdidas de carga en las vueltas	92
Ecuación 57. Formula para el cálculo de la perdida de carga en los canales	93
Ecuación 58. Fórmula para el cálculo de la pérdida total de carga en tramos.....	93
Ecuación 59. Formula para el cálculo del gradiente de velocidad.....	93
Ecuación 60. Formula para el cálculo del caudal unitario	94
Ecuación 61. Formula para el cálculo del área de sedimentador	94
Ecuación 62. Formula para el cálculo del ancho del sedimentador.....	94
Ecuación 63. Fórmula para el cálculo de la longitud.....	94
Ecuación 64. Fórmula para el cálculo del tiempo de retención	95
Ecuación 65. Formula para el cálculo de la velocidad horizontal del flujo.....	95
Ecuación 66. Fórmula para el cálculo del vertedero de salida.....	95
Ecuación 67. Formula para el cálculo del caudal de la canaleta.....	95

Ecuación 68. Fórmula para el cálculo de la lámina de agua	95
Ecuación 69. Fórmula para el cálculo del caudal del número de filtros	96
Ecuación 70. Fórmula para el cálculo del área total de filtración.....	96
Ecuación 71. Formula para el cálculo del área superficial de cada filtro	96
Ecuación 72. Fórmula para el cálculo del diámetro de cada filtro.....	96
Ecuación 73. Proceso de Desinfección	97
Ecuación 74. Fórmula para el cálculo de la dosis promedio a aplicar	97
Ecuación 75. Formula para el cálculo del caudal promedio de solución.....	97
Ecuación 76. Formula para el cálculo del consumo promedio diario.....	97
Ecuación 77. Resultado de la velocidad de sedimentación.....	99
Ecuación 78. Resultado del número de reynolds	100
Ecuación 79. Resultado del termino de diametro	100
Ecuación 80. Resultado del termino de velocidad de sedimentación	100
Ecuación 81. Comprobación del número de reynolds	100
Ecuación 82. Resultado del coeficiente de arrastre	101
Ecuación 83. Resultado de la velocidad de sedimentación final	101
Ecuación 84. Cálculo del área superficial.....	101
Ecuación 85. Cálculo del ancho del desarenador.....	102
Ecuación 86. Cálculo de la velocidad horizontal.....	102
Ecuación 87. Cálculo de la velocidad limite.....	102
Ecuación 88. Cálculo de la longitud de transición.....	103
Ecuación 89. Cálculo del caudal unitario	105
Ecuación 90. Cálculo del volumen del tanque.....	105

Ecuación 91. Cálculo del consumo promedio diario	105
Ecuación 92. Cálculo de la altura máxima.....	106
Ecuación 93. Cálculo del caudal específico.....	106
Ecuación 94. Cálculo de la altura crítica	106
Ecuación 95. Cálculo de la altura de agua en la sección 1	107
Ecuación 96. Cálculo de la velocidad en la sección 1	107
Ecuación 97. Cálculo del número de froude	107
Ecuación 98. Cálculo de la altura de agua en la sección 2	107
Ecuación 99. Cálculo de la velocidad en la sección 2	108
Ecuación 100. Cálculo de la longitud del resalto.....	108
Ecuación 101. Cálculo de la distancia del vertedero a la sección.....	108
Ecuación 102. Cálculo de pérdida de carga en el resalto.....	108
Ecuación 103. Cálculo de la velocidad media	109
Ecuación 104. Cálculo del tiempo de mezcla	109
Ecuación 105. Cálculo del gradiente de velocidad	109
Ecuación 106. Resultado de la longitud de los camales	110
Ecuación 107. Resultado del área de los canales	110
Ecuación 108. Resultado la profundidad de la lámina de agua	110
Ecuación 109. Resultado la profundidad del tanque.....	111
Ecuación 110. Resultado del espacio entre tabiques	111
Ecuación 111. Resultado del ancho del floculador	111
Ecuación 112. Resultado del numero de canales en cada tramo.....	111
Ecuación 113. Resultado de la longitud total del floculador	112

Ecuación 114. Resultado de pérdidas de carga en las vueltas	112
Ecuación 115. Resultado del perímetro mojado en las secciones.....	112
Ecuación 116. Resultado de la perdida de carga en los canales	112
Ecuación 117. Resultado del radio medio hidráulico	113
Ecuación 118. Resultado de pérdida total de carga en tramos.....	113
Ecuación 119. Resultado del gradiente de velocidad.....	113
Ecuación 120. Resultado del caudal unitario	114
Ecuación 121. Resultado del área del sedimentador.....	114
Ecuación 122. Resultado del ancho del sedimentador.....	114
Ecuación 123. Resultado de la longitud del desarenador	114
Ecuación 124. Resultado del tiempo de retención	115
Ecuación 125. Resultado de la velocidad horizontal de flujo	115
Ecuación 126. Resultado del cálculo del vertedero	115
Ecuación 127. Resultado del caudal de la canaleta.....	115
Ecuación 128. Resultado de la profundidad de la lámina de agua.....	116
Ecuación 129. Resultado del numero de filtros	117
Ecuación 130. Resultado del área total de filtración.....	117
Ecuación 131. Resultado del área superficial para cada filtro	117
Ecuación 132. Resultado del diámetro de cada filtro	117
Ecuación 133. Resultado de la dosis promedio de desinfectante.....	118
Ecuación 134. Resultado del caudal unitario	118
Ecuación 135. Resultado del consumo de desinfectante	118
Ecuación 136. Resultado de la capacidad del tanque	119

Lista de anexos

Anexo 1. Presupuesto para la ejecución de este proyecto	78
Anexo 2. Fórmulas para el cálculo de la población futura	79
Anexo 3. Fórmulas para el cálculo de las dotaciones	80
Anexo 4. Fórmulas para el cálculo de los caudales	81
Anexo 5. Fórmulas para el diseño de la línea de aducción	82
Anexo 6. Fórmulas para el diseño de las unidades de tratamiento	83
Anexo 7. Resultado del diseño de las unidades de tratamiento	99
Anexo 8. Dimensionamiento de las unidades de tratamiento	120
Anexo 9. Encuesta realizada a la comunidad “la playita”	126
Anexo 10. Pruebas de laboratorio	127
Anexo 11. Evidencias visita a la comunidad “La Playita”	128

Introducción

El agua ha sido desde su formación un elemento indispensable para los seres vivos, fuente y sustento de vida y base del desarrollo de muchas actividades importantes para los seres humanos. A medida que la población aumenta, la demanda y el uso de este recurso se han vuelto insostenibles, trayendo como consecuencia su contaminación con diversas sustancias. Esto provoca la pérdida de las propiedades que la hacían utilizable; a estas aguas se les denomina aguas residuales (Pérez, 2013).

Dentro de los antecedentes de los sistemas de abastecimiento de agua potable, el primer sistema de abastecimiento a toda una ciudad, fue llevado a cabo por John Gibb, en 1804, quien logró abastecer de agua filtrada a la ciudad de Glasgow, Escocia. Dos años después en 1806 se pone en funcionamiento en París una gran planta de tratamiento de agua, en esta planta se dejaba sedimentar el agua durante 12 horas y se procedía a su filtración mediante filtros de arena y carbón y en 1827 James Simplón construye en Inglaterra un filtro de arena para tratar el agua potable (Crespo, 2016).

Luego, en el siglo XX se estableció la filtración como un mecanismo efectivo para eliminar partículas del agua, aunque el grado de claridad conseguido no era medible en esta época. Al comienzo del siglo XX en Europa se estableció de forma regular la filtración lenta sobre arena. Durante la segunda mitad del siglo XX los científicos alcanzaron grandes conocimientos sobre las fuentes y efectos de los contaminantes del agua potable (en 1855 se probó que el cólera era una enfermedad de transmisión hídrica al relacionarse con un brote surgido en Londres a consecuencia de la contaminación de un pozo público por aguas residuales) (Crespo, 2016).

En 1880 Pasteur explicó cómo organismos microscópicos podían transmitir enfermedades a través del agua. En 1908 se empleó el cloro por primera vez como un desinfectante primario del agua potable de New Jersey. Otro desinfectante como el ozono, también empezó a emplearse por estas fechas en Europa (Crespo, 2016)

Por otra parte, a nivel mundial, la falta de acceso al agua es parte de un círculo vicioso de pobreza y enfermedad. Las cifras de las comunidades europeas (2004) muestran que, en la actualidad, 1.100 millones de personas carecen de acceso a agua potable y 2.400 millones no tienen sistemas de saneamiento. Se estima que cada día mueren 6.000 niños por enfermedades asociadas con un saneamiento e higiene insuficientes; y que una de cada dos camas hospitalarias en el mundo está ocupada por un paciente con una enfermedad prevenible transmitida por el agua. (p. 6)

Colombia es conocida a nivel mundial por sus ecosistemas, sus paisajes, su cultura y por sus fuentes hídricas. En este sentido, se habla de que este es un país mega diverso, con lo cual se esperaría que tenga, en igualdad de condiciones, el acceso al agua potable para toda la población, sin embargo, Chavarro (2014) concluye que en Colombia sólo un 30 % del agua está disponible para los municipios y de ese 30 % sólo un 15 % es agua potable y de buena calidad. Más del 85 % de los municipios de Colombia no tienen disponibilidad adecuada de agua potable, siendo así la calidad del agua un factor importante, ya que bacterias presentes en esta pueden generar diversas enfermedades gastrointestinales en la población. (p. 1)

Según el Instituto De Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), citado por Ruíz (2013) el 80 % de los asentamientos urbanos de los municipios se abastecen de fuentes muy pequeñas, de baja capacidad de regulación y sin sistemas de almacenamiento, tales como arroyos, quebradas, riachuelos, etc. Esto ocasiona que una gran parte de la población y su

abastecimiento de agua sea altamente vulnerable, generando problemas relacionados con el desabastecimiento de agua, pues según el Índice de Escasez de Agua – ICA, el 45 % de las cabeceras municipales tienen una demanda alta o muy alta con respecto a la oferta hídrica disponible en sus cuerpos de agua superficiales, y que la tendencia para el año 2025 es que este índice se ubique en un rango del 64 %. (p. 1)

En cuanto al concepto y uso del agua, debemos tener en cuenta que “se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales” (Cordero y Ullauri, 2001, p. 6).

En este mismo sentido, con referencia a la utilización del agua, Cordero y Ullauri (2001) afirman que el desarrollo de la actividad humana necesita utilizar el agua para numerosos fines, entre los que destacan, por su importancia para el hombre, los usos potables. Por tanto, el hombre se sirve del agua existente en la naturaleza para consumirla y utilizarla, pero es evidente que, debido a determinadas características químicas, físicas y biológicas del agua, ésta no puede ser utilizada de forma directa, y es por eso por lo que dicha agua requerirá de una serie de tratamientos que eliminen aquellas partículas o sustancias perjudiciales para el hombre. (p. 7)

Continuando con la idea anterior, la complejidad de los tratamientos en los sistemas de abastecimiento va a depender de la calidad del agua que se va a tratar; por tal motivo, es necesario preservar la calidad del agua desde la fuente para evitar no solo costos ecológicos y sociales sino también económicos. Los sistemas de abastecimiento de agua potable comprenden las siguientes fases: captación, almacenamiento y distribución a la población.

Este proyecto se desarrolla en la población de La Playita la cual es una pequeña comunidad que no cuenta con una Planta de Tratamiento De Agua Potable y sus habitantes deben tomar

agua del río Magdalena, que es la fuente de agua más cercana, y adicionarle cloro para su ingesta y demás actividades. Teniendo en cuenta lo anterior, en dicha población surge la urgente necesidad de diseñar una planta de tratamiento de agua potable que cuente con todos los elementos necesarios para captar, conducir, almacenar, tratar y distribuir de una manera eficiente el agua hasta los distintos sectores en la que ésta va a ser servida dentro de la comunidad.

Asimismo, Este sistema de agua potable entonces debe respetar las normatividades vigentes que garantizan la calidad del agua potable que se quiere suministrar, reduciendo así enfermedades y muertes en las poblaciones que se benefician de este tipo de sistemas.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Diseñar una Planta de Tratamiento de Agua Potable para la población de La Playita, Sitio Nuevo, Magdalena.

1.2. Objetivo Específicos

Analizar física, química y bacteriológicamente el agua con el fin de escoger la alternativa de tratamiento que mejor se ajuste a la población de La Playita

Realizar los cálculos para el dimensionamiento de las unidades de tratamiento de acuerdo con el RAS y el CEPIS.

Determinar el presupuesto total para la construcción de la planta de tratamiento de agua potable de La Playita.

2. Justificación

El agua potable y el ambiente sano son esenciales para la vida humana, y su incidencia sobre la salud y el desarrollo de los niños está plenamente reconocida en los instrumentos internacionales ratificados por Colombia y en las leyes nacionales. En el artículo 24 de la Convención sobre los Derechos del Niño en 1989 establece que “los niños y las niñas tienen derecho al disfrute del más alto nivel posible de salud, e insta a los Estados a suministrar agua potable, teniendo en cuenta los peligros y riesgos de contaminación del medio ambiente”. (p. 21)

Indiscutiblemente, la calidad del agua es un indicador de calidad de vida, pues influye directamente sobre la salud, la diversidad biológica, la realización de actividades socioeconómicas (la energía y producción de alimentos), en general, influye sobre el desarrollo del ser humano.

De acuerdo con lo anterior, sobre la calidad del agua potable y el impacto que tiene en la población, cabe señalar lo indicado en la agenda 21 de las Naciones Unidas:

“El suministro de agua potable y el saneamiento ambiental son vitales para la protección del medio ambiente, el mejoramiento de la salud y la mitigación de la pobreza. El agua potable también es fundamental para muchas actividades tradicionales y culturales. Se estima que el 80 % de todas las enfermedades y más de un tercio de los fallecimientos en los países en desarrollo se deben al consumo de agua contaminada y que, en promedio, hasta la décima parte del tiempo productivo de cada persona se pierde a causa de enfermedades relacionadas con el agua”. (ONU, 1992, p. 349)

Queda claro entonces que “un acueducto es construido para prestar de una manera eficiente el servicio de agua potable, ya que en cualquier comunidad es un derecho disponer de un sistema

de aprovisionamiento de agua que satisfaga sus necesidades vitales”. (Benavides, Castro y Vizcaíno, 2006, p. 20)

Además “el contar con este recurso es de suma importancia para cualquier comunidad ya que de esta manera se puede lograr desarrollar sus actividades cotidianas sin ningún tipo de problema que pueda obstaculizar tanto el progreso económico como social”. (Benavides, Castro y Vizcaíno, 2006, p. 20)

La Playita, no se encuentra exenta de los riesgos que tiene la población mundial por la falta de abastecimiento de agua potable, por tal motivo con el diseño propuesto en este documento se busca controlar el nivel de contaminantes presentes en el agua consumida por sus habitantes. Por lo que es necesario el diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) que cuente con las etapas de captación y las unidades de tratamiento (captación, desarenador, coagulación, vertedero triangular, floculación, sedimentador, filtración, desinfección y almacenamiento) para lograr que el agua captada reciba un tratamiento adecuado previa a su distribución, ya que es necesario para preservar la salud de la comunidad.

Con el desarrollo de este proyecto se dará cumplimiento a uno de los criterios que establece la Asamblea General de las Naciones Unidas (2010) sobre el derecho humano al agua y al saneamiento. La Asamblea reconoció el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una cantidad de agua suficiente para el uso doméstico y personal (entre 50 y 100 litros de agua por persona y día) y que sea segura, aceptable y asequible (el coste del agua no debería superar el 3% de los ingresos del hogar), y accesible físicamente (la fuente debe estar a menos de 1.000 metros del hogar y su recogida no debería superar los 30 minutos) (p.2).

Es menester mencionar que la mejora del abastecimiento de agua reduce entre un 6 % y un 21 % la morbilidad por diarrea, si se contabilizan las consecuencias graves. La mejora del

saneamiento reduce la morbilidad por diarrea en un 32 %. La mejora de la calidad del agua de bebida mediante el tratamiento del agua doméstica, por ejemplo, con la cloración en el punto de consumo, puede reducir en un 35 % a un 39 % los episodios de diarrea. (OMS, 2004, p. 1)

El tratamiento del agua deberá hacerse de tal forma que cumpla con las concentraciones exigidas por la resolución 2115 de 2007, expedida por el Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en parámetros como turbiedad, color y pH.

Finalmente, los beneficiarios directos con este proyecto serán los habitantes de La Playita, quienes podrán contar con agua potable para cubrir sus necesidades diarias y evitar problemas de salud pública.

3. Planteamiento y formulación del problema

El acceso al agua potable es un problema a nivel mundial, especialmente para la población que vive en zonas rurales. El acceso al agua depende de una serie de factores complejos, incluyendo la disponibilidad de agua en el ámbito local, como lo son: Su calidad y los aspectos económicos de su obtención. Unos 1600 millones de personas tienen acceso limitado al agua, aun cuando ésta se encuentre disponible a nivel local (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010).

Según un informe de la OMS y el Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia (2017) 2,1 billones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura y 340.000 niños menores de cinco años mueren cada año por enfermedades diarreicas.

El agua no potable y el saneamiento deficiente son las causas principales de la mortalidad infantil. La diarrea infantil asociada a la escasez de agua, saneamientos inadecuados, aguas contaminadas con agente patógenos de enfermedades infecciosas y falta de higiene- causa la muerte a 1,5 millones de niños al año, la mayoría de ellos menores de cinco años en países en desarrollo (OMS/UNICEF, 2017)

En Colombia, el índice de riesgo en el consumo de agua (IRCA) establece que el 3 % de los municipios ofrece agua apta para el consumo, el 6 % bajo riesgo medio, el 73 % no apta y el 18 % totalmente inviable (Defensoría del Pueblo, 2012).

Según Echeverry & Anaya (2018) se establece que:

Colombia presenta problemas para el abastecimiento de agua potable a su comunidad, a pesar de constituir un servicio público domiciliario y un derecho humano fundamental que debe

proveerse de manera obligatoria a sus habitantes en las cantidades mínimas, que garanticen el respeto hacia la dignidad humana, no ha podido ser enteramente satisfecho en todo el territorio nacional, lo cual denota, más que la imposibilidad de abastecer del recurso a los sectores más vulnerables, una crisis en la gobernabilidad, gestión o gobernanza del agua (p. 2).

Actualmente, la situación en Colombia muestra que existe un enorme número de habitantes de zonas rurales sin acceso al saneamiento básico y agua potable, sin alcance de infraestructura y lejos de los focos de inversión por parte del Estado. Esto genera una gran diferencia entre los niveles de cobertura de las poblaciones urbanas y rurales. Esta situación se ve reflejada en los niveles de cobertura del acueducto con el que cuenta Barranquilla, la ciudad más cercana a la Playita, la cual es que es más amplia, en comparación al corregimiento de La Playita, que no cuenta con sistema de abastecimiento de agua potable.

Debido al cuadro anteriormente descrito, los pobladores deben tomar agua del río Magdalena y adicionarle cloro para poder ingerir, otra de las alternativas implementadas es captar agua lluvia o traer tanques de agua desde Barranquilla hasta la finca. Todo esto se presenta como un escenario riesgoso para la salud de los habitantes, debido a que las caracterizas de esta agua pueden ser transmisoras de agentes que causan enfermedades, tales como: EDA, hepatitis A, polio y parasitosis por protozoarios, y helmintos; entre estas, amebiasis, giardiasis, cryptosporidiasis y helmintiasis (OMS, 2017).

En el presente trabajo de investigación se plantea una propuesta de solución a un problema frecuente en nuestro país: El abastecimiento de agua potable. El lugar a desarrollar dicha propuesta es la finca “Wakita”, ubicado en el municipio de Sitio Nuevo- Magdalena, lugar en el cual no hay sistema de agua potable según testimonio de los residentes y visitas de campo al sitio.

Debido a lo anteriormente expuesto surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál sería el diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable para la población de La Playita ubicada en Sitio Nuevo, Magdalena?

4. Marco referencial

4.1. Antecedentes

Para esta investigación se decidió realizar una búsqueda en diferentes revistas especializadas en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, dentro de los cuales se destaca la investigación planteada por Sánchez y Peña (2011), la cual fue titulada “Propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Bituima, Cundinamarca”, con dicha investigación se busca el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del municipio en donde se realizó el proyecto. Los autores plantean que fue necesario recopilar información bibliográfica, la cual indicó que el índice de riesgo por la calidad de agua (IRCA) es alto, es decir que muchos de los habitantes pueden sufrir enfermedades gastrointestinales.

Finalmente, los autores proponen cuatro alternativas destinadas al mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, las propuestas están basadas en los criterios económicos y ambientales, los cuales determinan la viabilidad de la mejor alternativa; se busca que la empresa de servicios públicos escoja una de estas alternativas y la implemente para el mejor funcionamiento de la planta actual. Esta investigación es tomada como referencia porque plantea cuatro alternativas de plantas de tratamientos de agua potable, con estos resultados se podría reforzar el diseño de la PTAP para la población de La Playita, además ambas tienen el mismo objetivo principal El mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes en donde se desarrolla el proyecto.

Otro estudio realizado por Espejo (2013), titulado “Estudios y Diseños Del Sistema de Agua Potable Del Barrio San Vicente, Parroquia Nambacola, Cantón Gonzanamá” es muy importante para esta investigación por lo cual fue uno de los referentes principales ya que manejan datos de la población similares, en el caso de esta investigación la planta estuvo diseñada para una población de 100 habitantes; en el caso del proyecto citado la planta brindará un servicio a 55 familias que viven en la comunidad indicada. Para esto, los autores realizaron diseños del sistema de infraestructura hidrológica, ambiental, económica e hidráulica proyectada a 20 años. Actualmente la comunidad cuenta con 202 habitantes y en la vida útil del sistema se tendrá una población final de 251 habitantes. Según el reporte del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se concluye que no existe un impacto negativo de consideración, ya que no afecta la flora ni la fauna del ecosistema. Los parámetros analizados en el estudio técnico económico sobre el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Beneficio/Costo, arrojan resultados favorables para la ejecución del proyecto de Agua Potable en la comunidad indicada.

La investigación “Diseño De Una Planta De Tratamiento De Agua Potable de 2 l/s Para Una Población de 750 habitantes” su autor, Rodríguez (2014) diseñó una planta para el tratamiento de agua potable, constituida por un sistema de aireación, un sistema de coagulación con canaleta parshall, un sistema de floculación de flujo forzado, un sedimentador de alta tasa, un sistema de filtrado y tanque de almacenamiento. La planta puede ser utilizada para el tratamiento de aguas subterráneas o superficiales.

El trabajo de investigación de Caminati y Caqui (2013) titulado “Análisis y Diseño De Sistemas De Tratamiento De Agua Para Consumo Humano y Su Distribución En La Universidad De Piura” tuvo como objetivo diseñar dos alternativas de abastecimiento de agua para consumo humano en la Universidad de Piura y escoger una de las dos alternativas mediante una

evaluación comparativa en la que se tuvo en cuenta criterios financieros, un estudio de mercado realizado a los usuarios del actual servicio brindado por la universidad.

“La primera alternativa, consiste en la construcción de una planta de tratamiento para purificar el agua del pozo y distribuirla mediante bidones. Los beneficiarios de este servicio serían todo el personal de la universidad. El análisis de los indicadores económicos básicos de esta propuesta, dan como resultado un Valor Actual Neto (VAN) para un periodo de 10 años de S/. 364,627” (Caminati y Caqui, 2013, p. 1)

“La segunda alternativa, también contempla la construcción de una planta de tratamiento, pero la distribución del agua sería mediante bebederos, siendo los beneficiarios toda la población universitaria. A diferencia de la otra propuesta la inversión es mayor, pero los gastos operativos son notablemente menores resultando un Valor Actual Neto (VAN) de 10 años de S/. 213,440, el cual es menor a la propuesta anterior” (Caminati y Caqui, 2013, p. 1).

Por otro lado, se evalúan también criterios cualitativos como abastecimiento continuo, beneficio comunitario, salud del personal, entre otros. Siendo la propuesta más conveniente la de bebederos.

En Ecuador, Orbe (2013) realizó un trabajo titulado “Diseño de las plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales de la cabecera parroquial de Mindo, cantón san miguel de los bancos, provincia de pichincha”

En primer lugar, los autores de este proyecto realizaron un diagnóstico inicial en donde evaluaron cualitativa y cuantitativamente las estructuras de tratamiento existentes, y con base en estos poder determinar los requerimientos de la futura planta de tratamiento de agua potable. El sistema de potabilización actual se compone de un filtro pequeño, no existe un pre tratamiento del agua. El nuevo caudal de funcionamiento de la planta es de 17,04 l/s. Se concluyó que no era

necesario un proceso de tratamiento convencional, por lo cual de acuerdo a los resultados fisicoquímicos no es necesario el proceso de floculación; Además, ya que la obra de captación incluirá unidades de sedimentación para remover grava y arena del agua cruda, en la planta de tratamiento no se recomienda la construcción de un sedimentador adicional. En conclusión, la doble filtración es el sistema propuesto para la potabilización del agua.

4.2. Marco Teórico

4.2.1. Sistema de abastecimiento de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de obras que permiten que una comunidad pueda obtener el agua para fines de consumo doméstico, servicios públicos, industrial y otros usos. El agua suministrada debe ser en cantidades suficientes y de la mejor calidad; desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico (Concha y Guillén, 2014).

En este mismo sentido, Caminati y Caqui (2013) definen el agua como un elemento básico y necesario para la vida humana que en su composición trae una serie de impurezas suspendidas y disueltas que impiden que ésta sea adecuada para numerosos fines, por ejemplo, su consumo. Por tal motivo los sistemas de abastecimiento de agua potable tienen la finalidad de obtener agua para consumo humano mediante la utilización de diversos métodos que permitan eliminar las impurezas. Dichos métodos se pueden dividir en la deposición de materia suspendida, tratamiento físico/químico de coloides y el tratamiento biológico. (p. 18).

4.2.2. Clasificación de los sistemas de abastecimiento de agua potable

Según Ramírez (2016) estos pueden ser convencionales o no convencionales.

4.2.2.1. *Sistemas convencionales*

Estos sistemas son aquellos que toman el agua cruda de ríos y/o pozos subterráneos, el agua entra a un proceso de tratamiento, se almacena y el agua potabilizada se distribuye mediante un sistema de red de tuberías a cada uno de los hogares.

Los sistemas convencionales pueden encontrarse por gravedad o por bombeo. En el caso de gravedad, son aquellos en que el agua llega a los hogares directamente con o sin tratamiento previo. Estos sistemas requieren un mínimo de inversión y bajo costos en mantenimiento, bajo costo en energía debido a que se aprovecha la caída por gravedad. Normalmente sirve para bajas poblaciones.

Los sistemas de gravedad por bombeo son aquellos que toman el agua cruda de un río, tiene los tanques de abastecimiento, etapa de floculación, etapa de sedimentación, filtrado, tanque de almacenamiento y distribución de agua potable a los habitantes. Estos sistemas, normalmente, sirven para grandes poblaciones. Los costos de inversión son las grandes, tiene altos costos de mantenimiento y consumo de energía. De igual forma, estos sistemas pueden ser con tratamiento o sin tratamiento químico al agua.

4.2.2.2. Sistemas no convencionales

Estos sistemas no tienen una red de distribución, son sistemas individuales, el agua que obtienen los habitantes es por medio de transporte, tanqueros y/o por medio de barril arreados por mular. La desinfección la realizan en los tanques de los domicilios. Estos sistemas se aplican en pueblos con pocos habitantes.

4.2.3. Componentes básicos de un sistema de abastecimiento de agua potable

Los componentes básicos de un sistema de abastecimiento según Jiménez (S.f) son:

4.2.3.1. Captación

Es la parte inicial del sistema hidráulico y consiste en las obras donde se capta el agua para poder abastecer a la población. Pueden ser una o varias, el requisito es que en conjunto se obtenga la cantidad de agua que la comunidad requiere. Para definir cuál será la fuente de captación a emplear es indispensable conocer el tipo de disponibilidad del agua en la tierra basándose en el ciclo hidrológico, de esta forma se consideran los siguientes tipos de agua según su forma de encontrarse en el planeta:

- Aguas superficiales.
- Aguas subterráneas.
- Aguas meteóricas (atmosféricas).
- Agua de mar (salada).

4.2.3.2. Conducción

La denominada “línea de conducción” consiste en todas las estructuras civiles y electromecánicas cuya finalidad es la de llevar el agua desde la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización, una planta de tratamiento de potabilización o el sitio de consumo. Es necesario mencionar que debido a la distancia entre la captación y la zona de consumo, las dificultades que se presentan en estas obras cada día son mayores.

4.2.3.3. Tratamiento

Se refiere a todos los procesos físicos, mecánicos y químicos que harán que el agua adquiera las características necesarias para que sea apta para su consumo. Los tres objetivos principales de una planta potabilizadora son lograr que el agua sea: Segura para consumo humano; estéticamente aceptable; y económica. Para el diseño de una planta potabilizadora, es necesario conocer las características fisicoquímicas y biológicas del agua, así como los procesos necesarios para modificarla.

4.2.3.4. Red de distribución.

Este sistema de tuberías es el encargado de entregar el agua a los usuarios en su domicilio, siendo un servicio constante durante las 24 horas del día, en cantidad adecuada y con la calidad requerida para todos, y cada uno de los tipos de zonas socioeconómicas (comerciales, residenciales de todos los tipos, industriales, etc.) que tenga la localidad que se pretenda

abastecer de agua. El sistema incluye válvulas, tuberías, tomas domiciliarias, medidores y en caso de ser necesario equipos de bombeo

4.2.4. Calidad de agua

Según la OMS (2004) el agua potable es “aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida.”

4.2.5. Indicadores de la calidad del agua

Tabla 1.

Indicadores de la calidad del agua

Parámetros	Descripción
Parámetros físicos	Sólidos o residuos, turbiedad, color, olor, sabor y temperatura
Parámetros químicos	Aceites y grasas, conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, dureza, pH, cloruros, sodios, sulfatos
Parámetros biológicos	Algas, bacterias (Coliformes termotolerantes y Coliformes totales), recuento heterotrófico, protozoos, virus y helmintos patógenos.

Nota: En esta tabla se muestran los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de agua, los cuales son indicadores. Información tomada y adaptada de Chávez, 2012.

4.2.6. Tratamiento de agua potable

El tratamiento de las aguas se realiza mediante una serie de procesos encadenados que dependen de las características del agua a tratar. La secuencia más habitual del mismo es la siguiente: (Sánchez, Guerrero, Garrido y Amat, 2015).

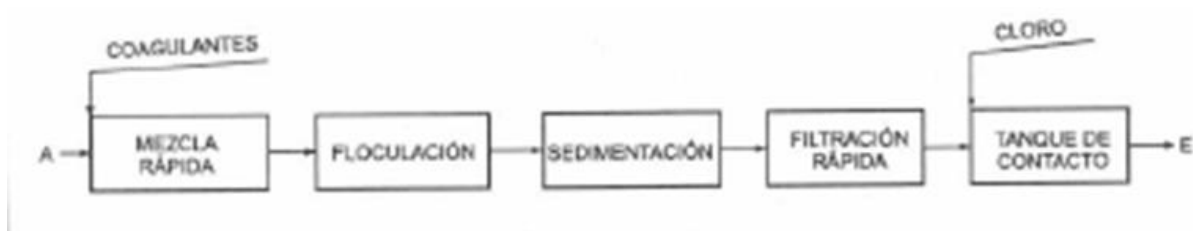


Figura 1. Etapas del tratamiento de agua potable *Fuente: Romero, 1999*

4.2.7. Coagulación (CEPIS, 2004).

La coagulación se lleva a cabo generalmente con la adición de sales de aluminio y hierro al agua. Este proceso es resultado de dos fenómenos:

El primero, esencialmente químico, consiste en las reacciones del coagulante con el agua y la formación de especies hidrolizadas con carga positiva. Este proceso depende de la concentración del coagulante y el pH final de la mezcla.

El segundo, fundamentalmente físico, consiste en el transporte de especies hidrolizadas para que hagan contacto con las impurezas del agua.

4.2.8. Mezcla rápida

Se denomina mezcla rápida a las condiciones de intensidad de agitación y tiempo de retención que debe reunir la masa de agua en el momento en que se dosifica el coagulante, con la finalidad de que las reacciones de coagulación se den en las condiciones óptimas correspondientes al mecanismo de coagulación predominante. La dosificación se realiza en la unidad de mezcla rápida; por lo tanto, estas condiciones son las que idealmente debe reunir esta unidad para optimizar el proceso (CEPIS, 2004)

4.2.9. Floculación

Es el proceso donde las partículas que se desestabilizaron en la coagulación chocan unas contra otras para formar unas partículas de mayor tamaño (Arboleda, 1992).

4.2.10. Sedimentación

Se entiende por sedimentación la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua (flóculos). Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido (Maldonado, 2004)

4.2.11. Filtración

Es un proceso que consiste en la separación de partículas y pequeñas cantidades de microorganismos (bacterias, virus) a través de un medio poroso. Es la fase responsable de que se cumplan los estándares de calidad para el agua potable. Desde el punto bacteriológico, los filtros tienen una eficiencia de remoción superior a 99% (Chulluncuy, 2011).

4.2.12. Desinfección

La desinfección es el último proceso unitario de tratamiento del agua y tiene como objetivo garantizar la calidad de esta desde el punto de vista microbiológico y asegurar que sea inocua para la salud del consumidor (CEPIS, 2004).

4.3 Marco Legal

Tabla 2.

Marco Legal

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA

Artículo 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines

LEY 99 DE 1993

Ley 99 de 1993: Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los

recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

Decreto 1575 DEL 2007

El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada.

Decreto 1594 DE 1984

Artículo 39: Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico son los que se relacionan a continuación, e indican que para su potabilización se requiere solo desinfección: Referencia Expresado como Valor

Amoníaco N 1.0

Arsénico As 0.05

Bario Ba 1.0

Cadmio Cd 0.01

Cianuro CN- 0.2

Cinc Zn 15.0

Cloruros Cl- 250.0

Cobre Cu 1.0

Color real 20 unidades, escala Platino - cobalto

Compuestos Fenólicos Fenol 0.002

Cromo Cr + 6 0.05

Difenil Policlorados Concentración de agente

Activo No detectable

Mercurio Hg 0.002

Nitratos N 10.0

Nitritos N 10.

PH Unidades 6.5 - 8.5 unidades

Plata Ag 0.05

Plomo Pb 0.05

Selenio Se 0.01

Sulfatos SO₄ 400.0

Tensoactivos Sustancias activas al azul de metileno 0.5

Decreto 3930 DEL 2010

Decreto 3930 del 2010: Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Artículo 10: Uso para consumo humano y doméstico. Se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su utilización en actividades tales como:

1. Bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato.
2. Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.
3. Preparación de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución, que no requieran elaboración.

Decreto 1541 DE 1978

Decreto 1541 de 1978: Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.

Artículo 54: Las personas naturales o jurídicas y las entidades gubernamentales que deseen aprovechar aguas para usos diferentes de aquellos que se ejercen por ministerio de la ley requieren concesión, para lo cual deberán dirigir una solicitud al Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente –INDERENA.

De la sujeción a los planes de ordenamiento territorial

La ejecución de obras relacionadas con el sector de agua potable y saneamiento básico se debe llevar obligatoriamente a cabo con sujeción al Plan de Ordenamiento Territorial de cada localidad, en los términos del artículo 16 de la Ley 388 de 1997. En aquellos eventos en los cuales las empresas de servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo acrediten a plenitud que por motivos ambientales, técnicos o económicos no sea posible localizar parte de las infraestructuras en el territorio de su jurisdicción y sea necesario ubicarlas en el territorio de otro municipio, el Alcalde de esta última entidad territorial autorizará tal localización y brindará las garantías indispensables para asegurar la prestación del servicio, previo cumplimiento de las normas vigentes.

Licencias ambientales

Para la ejecución de las obras inherentes a la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento básico y sus actividades complementarias, obtendrán Licencia Ambiental aquellas actividades que pueden producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al paisaje, tal como lo expresen las disposiciones legales vigentes. Todo proyecto que involucre en su ejecución el uso del agua, tomada directamente de fuentes naturales, deberá observar y contemplar el pago de las Tasas por Utilización de Aguas prevista en el artículo 43 de la Ley 99 de 1993.

Resolución 2115 del 2007: Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Artículo 2º: El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

Tabla 3.

Tabla de valores máximos de características físicas.

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de platino cobalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: En esta tabla se muestran los valores máximos de las características color aparente, olor, sabor y turbiedad. Adaptado de la Resolución 2115 del 2007.

Artículo 5º: Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse en los valores máximos aceptables que se señalan a continuación:

Tabla 4.

Tabla de características químicas

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Valor máximo aceptable (mg/l)
Antimonio	0,02
Arsénico	0,01
Bario	0,7
Cadmio	0,003
Cianuro libre y soluble	0,05
Cobre	1,0
Cromo total	0,05
mercurio	0,001
Níquel	0,02
Plomo	0,01
Seleno	0,01
Trihalometanos totales	0,2
Hidrocarburos aromáticos	0,01
Policíclicos	

Fuente: Descripción de los valores máximos permitidos en cuanto a las características físicas. Adaptado de la resolución 2115 del 2007.

Artículo 11º: Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse en los siguientes valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección desde 1 Unidad Formadora de Colonia (UFC) ó 1 microorganismo en 100 cm³ de muestra.

Tabla 5.

Tabla de características microbiológicas del agua

<i>Técnicas utilizadas</i>	<i>Coliformes totales</i>	<i>Escherichia coli</i>
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia-ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: Descripción de las características microbiológicas del agua y las técnicas utilizadas para su análisis.

Adaptado de la resolución 2115 del 2007.

5. Metodología

5.1. Tipo de investigación

El enfoque de esta investigación es cuantitativo debido a que esta investigación se basa en el diseño (datos) y el análisis de estos. El tipo de investigación fue descriptivo en cuanto pretende conocer la calidad del agua de la fuente de abastecimiento y con base en esto busca especificar las características (unidades de tratamiento) de la planta de tratamiento.

Y, por último, este estudio también fue correlacional ya que el diseño comprende la interacción de diferentes variables tales como: caudal, tiempo de retención, relación largo y ancho, calidad del agua y las unidades de tratamiento entre otros.

5.2. Alcance de la investigación

Este proyecto de investigación se centra en determinar y dimensionar las unidades de tratamiento que componen la planta de tratamiento de agua potable para la población de La Playita, de igual forma pretende conocer el costo de cada unidad de tratamiento para tener un presupuesto total que sirva como referencia en aras de una posible construcción.

5.3. Área de estudio

La Zona de la Wakita, se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 11° 2'59.32"N, 74°49'27.09"O, hace parte del área metropolitana de Sitio Nuevo, Magdalena. Y se encuentra

ubicada a unos 10 minutos de la capital del departamento del Atlántico (Colombia). Posee una extensión aproximada de 197 Hectáreas con una altitud promedio de 5 m.s.n.m, donde predominan temperaturas de 30°C.



Figura 2. Ubicación del país (Colombia) en donde se realizará el diseño de la planta de tratamiento de agua potable. Fuente: Tomada y adaptada de Google Earth, 2018.



Figura 3. Ubicación de La Playita. Cada punto rojo está mostrando donde está ubicada cada casa o finca de esta región. Fuente: Tomada y adaptado de Google Earth, 2018.

Actividad económica

Ganadería: Vacuno, porcino y avícola.

Agricultura: Yuca, revuelto, cebolla, ají, arroz y hortalizas.

Piscicultura.

Ecoturismo.

Vías de comunicación

Aéreas: No tiene.

Terrestres: No tiene.

Fluviales: Transporte Fluvial Por el Rio Magdalena hacia Barranquilla y demás municipios ribereños.

5.2. Técnicas de investigación

5.2.1. Información primaria

Para recopilar esta información se realizaron visitas al área de estudio, identificando datos como: Número de habitantes del área de estudio, actividad económica y la fuente de abastecimiento de agua que más predomina entre los habitantes.

5.2.2. Información secundaria

Se realizó una extensa revisión bibliográfica a través de internet en base de datos como Science, Direct y Scielo, así mismo, en la Corporación Autónoma Regional del Atlántico y centros de documentación.

5.3. Etapas de la investigación

Etapas 1: Caracterización de la fuente de abastecimiento.

Para escoger las unidades de tratamiento que tendría la planta de La Playita fue necesario caracterizar fisicoquímicamente el agua (DBO5, oxígeno disuelto, pH, turbiedad, color verdadero, gusto y olor, cloruros) con base en los resultados de estos parámetros los cuales fueron el promedio de tres muestras que se realizaron, con lo cual se pudo establecer el nivel de contaminación del agua de acuerdo con el criterio del RAS 200 en el título C. En este sentido, con base en el nivel de contaminación, se pudo determinar el grado de tratamiento que requiere el agua, es decir, los tratamientos convencionales y tratamientos específicos que se deben emplear para obtener agua apta para el consumo humano.

Etapa 2: Cálculo para las dimensiones de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

Dentro de la formulación de un proyecto de abastecimiento de agua potable es menester calcular la población futura con base en la información censal que exista. Para el caso de Sitio Nuevo, Magdalena, no existen datos de un censo, por lo cual se procedió a realizar un conteo de la población por medio de una encuesta directa.

NOTA: Las fórmulas con las cuales se realizó el cálculo de la población futura se pueden observar en el anexo 2 de este documento. En el anexo 3 se pueden observar las fórmulas para el cálculo de las dotaciones. Las fórmulas para el cálculo de los caudales y el diseño de la línea de aducción se pueden encontrar en el anexo 4 y 5 respectivamente.

5.4. Unidades de tratamiento

Las formulas empleadas para el diseño de las unidades de tratamiento de la planta de agua potable se encuentran organizadas en el anexo 6 de este documento.

Etapa 3: Presupuesto para la construcción de la planta de tratamiento de agua potable
Para realizar el presupuesto de la obra se deberán desglosar el tipo de cemento a utilizar, tipos de concreto, varillas, equipos a utilizar y los costos de los lechos utilizados en el filtro.

6. Análisis de resultados

6.1. Etapa 1: Caracterización de la fuente de abastecimiento

Con los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos y también según el criterio del RAS en el título C (ver tabla 6) se determinó que los procesos de tratamiento de la planta de potabilización de La Playita son:

Desarenador

Coagulación

Mezcla rápida (Vertedero triangular de 90°)

Floculación

Sedimentador

Filtración

Desinfección.

Tanque de almacenamiento

En la tabla 6 se observan las concentraciones de los parámetros analizados, para la cual fue necesario la toma de tres muestras y el resultado definitivo fue el promedio de dichas muestras, con este valor se pudo establecer el nivel de calidad del agua y el grado de tratamiento que necesitaba, es decir, dependiendo de la calidad del agua, asimismo, serían las unidades de tratamiento necesarias.

Cabe aclarar que al realizar el conteo de Coliformes fecales totales y fecales, se observó que las colonias son incontables, por lo cual se adoptó un valor de >100 , suponiendo que son más de 100.

Tabla 6.

Caracterización de la fuente de abastecimiento (Río Magdalena)

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS				Nivel de calidad de acuerdo con el grado de polución (RAS 2000 TITULO C)
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio	
DBO 5 Días	MgO2/L	20,8	20,9	20,7	20,8	Fuente muy deficiente
Coliformes Totales	UFC/100ml	>100UFC/100ml	>100UFC/100ml	>100UFC/100ml	>100UFC/100ml	Fuente muy deficiente
Coliformes Fecales	UFC/100ml	5UFC/100ml	4UFC/100ml	3UFC/100ml	4UFC/100ml	Fuente muy deficiente
Oxígeno Disuelto	mg/L	4,75	4,94	4,93	4,9	Fuente regular
pH	-	5,58	5,84	5,88	5,8	Fuente regular
Turbiedad	UNT	179	169	187	178,3	Fuente muy deficiente
Color Verdadero	UPC	100	100	100	100	Fuente muy deficiente
Gusto y Olor	-	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Fuente regular
Cloruros	Mg/l	0,03	0,026	0,024	0,026	Fuente aceptable

Fuente: Autores, 2018.

6.2. Etapa 2: Cálculos para la dimensión de la PTAP.

Cálculo de la población futura. Teniendo en cuenta que La Playita es una población que nunca ha sido censada, y que por tanto no se puede calcular la rata de crecimiento por medio de la fórmula que propone el método geométrico, ya que esta viene en función de la población que se obtiene del censo en diferentes años; fue menester tener que utilizar información del municipio al que pertenece La Playita el cual es Sitio Nuevo, Magdalena.

Se buscaron en el Dane las proyecciones de la población de este municipio desde el año 2015 hasta el 2018 (actual) y se aplicó la fórmula para calcular la tasa de crecimiento.

Tabla 7.

Proyección de la población

Año	Población (hab)
2015	31.706
2016	32.089
2017	32.454
2018	32.801

Fuente: Proyección de la población desde los año 2015 a 2018. DANE.

Ecuación 1. Cálculo de las ratas de crecimiento

$$r = \left(\frac{32.089}{31.706} \right)^{\frac{1}{2016-2015}} - 1 = 0,012$$

$$r = \left(\frac{32.454}{32.089} \right)^{\frac{1}{2017-2016}} - 1 = 0,011$$

$$r = \left(\frac{32.801}{32.454} \right)^{\frac{1}{2018-2017}} - 1 = 0,011$$

Fuente: Resolución 330 del 2017

El promedio de los datos dio una rata de 1,4 %. Finalmente, este valor fue aplicado para calcular la población futura. Por otra parte, el periodo de diseño fue de 25 años.

Ecuación 2. Cálculo de la población futura

$$Pf = 101 * (1 + 0,014)^{25} = 143 \text{ hab}$$

Fuente: Resolución 330 del 2017

Teniendo en cuenta que Wakita es un lugar en donde se práctica mucho el ecoturismo, se tuvo en cuenta la población flotante, para lo cual dentro de la encuesta se preguntó sobre la cantidad de personas que llegan durante el año a realizar ecoturismo; promediando las respuestas 57 personas llegan durante todo el año, de esta manera se realiza el ajuste a la población futura así:

Ecuación 3. Cálculo de la población flotante

$$Pf = 143 + 57 \text{ hab} = 200 \text{ hab}$$

Fuente: Resolución 330 del 2017

Dotación neta máxima. Para el caso de Wakita, la altura sobre el nivel de mar está por debajo de los 1000, por lo tanto la dotación neta máxima es de 140 L/Hab.día. (Artículo 43, resolución 330 del 2017).

Tabla 8.

Dotación neta máxima

Altura promedio sobre el nivel de mar de la zona atendida.	Dotación neta máxima (l/hab*día)
➤ 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: Datos para el cálculo de la dotación neta máxima. Resolución 330 del 2017

Dotación bruta. Las pérdidas de agua en el sistema corresponden a la diferencia entre el volumen de agua tratada y medida a la salida de las plantas potabilizadoras y el volumen de agua entregado a la población. Puede haber pérdidas técnicas o comerciales (RAS,título B). Este proyecto compete el diseño de un nuevo sistema por lo cual fue necesario suponer un % P que no sobrepase el 25 % como lo estipula el RAS, de acuerdo a este criterio del RAS se escogió el 25 % con el fin de manejar un factor de seguridad.

Ecuación 4. Cálculo de la dotación bruta.

$$D_{bruta} = \frac{140 \text{ l}}{\frac{\text{hab} \times \text{día}}{1 - 0.25}} = \frac{187 \text{ l}}{\text{hab} \times \text{día}}$$

*Fuente: Resolución 330 del 2017***Caudal medio diario (Qmd)***Ecuación 5. Cálculo del caudal medio diario*

$$Q_{md} = \frac{200 \text{ hab} \times 187 \frac{\text{l}}{\text{hab} \times \text{día}}}{86400} = 0,433 \text{ l/s}$$

Fuente: Resolución 330 del 2017

Caudal máximo diario (QMD)

Tabla 9.

Factores de mayoración

Población de diseño	< 12500	>12500
K1	1,3	1,2
K2	1,6	1,5

*Fuente: Datos para el cálculo del factor de mayoración. RAS, 2000.**Ecuación 6. Cálculo del caudal medio diario*

$$QMD = 1,3 \times 0.433 \text{ l/s} = 0.563 \text{ l/s.}$$

Fuente: Ras, 2000.

Caudal máximo horario (QMH)*Ecuación 7. Cálculo del caudal máximo horario*

$$QMD = 1,6 \times 0.433 \text{ l/s} = 0.693 \text{ l/s}$$

Fuente: Ras, 2000.

NOTA: Debido a que Wakita es un lugar en donde no se dispone de energía eléctrica, y además, teniendo en cuenta que los requerimientos de agua por parte de la población son pequeños (chequear los cálculos anterior) es menester por cuestión de costos que la planta solo funcione 4 horas y no 24 horas, por lo cual se hizo el siguiente ajuste en los caudales:

Si Qmd corresponde a 24 horas, entonces cuál será el caudal (x) para 4 horas:

Qmd l/s -----> 24 hr

X <----- 4 hr

Tabla 10.

Caudales de diseño

Caudal (l/s)	Caudal para 4 hr
Qmd	2,6 l/s
QMD	3,4 l/s
QMH	4,2 l/s

Fuente: Resumen de los caudales de diseño. Autores, 2018

El resultado de los caudales muestra una clara diferencia con el criterio de hernández (2002) en su investigación titulada “diseño de plantas tipo para la potabilizacion de agua en pequeñas comunidades” este autor considera que cuando la población es menor o igual a 500 habitantes el caudal de diseño es de 1 L/s, de esta manera esta investigación se aleja mucho de los resultados de Hernández ya que los caudales que dieron los cálculos son de 2,6 l/s hasta 4,2 l/s.

Captación de agua superficial y línea de aducción. Teniendo en cuenta las condiciones del río Magdalena que será la fuente de abastecimiento, se sugiere utilizar captación flotante con elevación mecánica ya que esta fuente de agua tiene variaciones considerables de nivel y su gran caudal hace que sea inviable su captación por gravedad. Los equipos de bombeo se deben ubicar sobre una plataforma móvil, cuyo diseño deberá garantizar la flotabilidad, estabilidad, operación y mantenimiento del sistema.

Ecuación 8. Cálculo del área

$$Q_{aducción} = QMD = 3,4 \text{ l/s}$$

$$A = \frac{0,034 \text{ m}^3/\text{s}}{2 \text{ m/s}} = 0,017 \text{ m}^2$$

Fuente: Ras, 2000.

La velocidad se escogió teniendo en cuenta que la mínima debe ser de 1.1 m/s con el fin de evitar la sedimentación y la abrasión en la tubería, por lo cual se tomó 2 m/s como valor teórico.

Ecuación 9. Cálculo del diámetro

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \times 0,017 \text{ m}^2}{\pi}} = 0.15 \text{ m} = 150 \text{ mm}$$

Fuente: Ras, 2000.

Este valor se ajustó al diametro comercial que en este caso sería 1" es decir 25.4 mm. Se hizo un reajuste para calcular nuevamente el valor del área y la velocidad.

Ecuación 10. Cálculo del para el ajuste del diámetro

$$A = \frac{\pi (25.4 \text{ mm})^2}{4} = 506.70 \text{ mm} (0,51 \text{ m})$$

Fuente: Ras, 2000.

Ecuación 11. Cálculo para la velocidad

$$V = \frac{0,034 \text{ m}^3/\text{s}}{0,51 \text{ m}} = 0,07 \text{ m}^2/\text{s}$$

Fuente: Ras, 2000.

Para la captación de agua superficial se utilizará una bomba de agua Jet con 1/2HP y 370W de potencia , se debe garantizar que hayan dos bombas por posibles eventos fortuitos. La Capacidad maxima de flujo 47 l/min, voltaje dual 115/230V y altura máxima de 47 metros. El voltaje/frecuencia de la bomba es de 115/230V – 60HZ.

6.3. Unidades de tratamiento

6.3.1. Desarenador

En la tabla 11 se presentan los resultados del dimensionamiento del desarenador y en el Anexo 7 se puede ver más detalladamente estos cálculos:

Tabla 11.

Resultados del diseño del Desarenador

Diseño del desarenador	
Velocidad de sedimentación	3.55 cm/seg
Número de Reynolds	7.03
Termino de diametro	5,02
Termino velocidad de sedimentación	2,54 cm/seg.
Comprobamos nuevamente el número de Reynolds.	5,02
Coefficiente de arrastre	6,06
Velocidad de sedimentación final	2,58 cm/seg
Coefficiente de seguridad	1,75
Área superficial	1,79 m ²
Relación longitud año será de 4:1	2,68 m
Profundidad	1,5 m
Velocidad horizontal	1,3 cm/seg
Velocidad de desplazamiento	19,57 cm/seg
Longitud de la transición de ingreso	0,63 m

Fuente: Resumen de los resultados obtenidos del desarenador. Autores, 2018

El desarenador tiene por objeto separar del agua cruda la arena y partículas en suspensión gruesa, con el fin de evitar se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. Con una velocidad de sedimentación final de 0,003 m/s permite la remoción de partículas superiores a 0,2 mm. Con el número de Reynolds de 5,02 se efectúa la sedimentación de arena gruesa, ya que esta sedimentación se da cuando el número de Reynolds está en el rango de 1 a 1000. Asimismo, la sedimentación horizontal fue de 0,013 m/s con lo cual se cumple con lo que dice el RAS (2017) respecto a esta velocidad que la misma debe ser menor a 0,25 m/s.

6.3.2. Coagulación

En la tabla 12 se presentan los resultados del dimensionamiento del proceso de coagulación y en el Anexo 7 se puede ver más detalladamente estos cálculos:

Tabla 12.

Resultado del diseño del proceso de coagulación

El tipo de coagulante que se utilizará es sulfato de aluminio tipo B.	
Dm	55 mg/l
DM	63 mg/l
D	59 mg/l
Q	0,433 l/s
C	15 % = 150.000 mg/l
P:	100 %

Caudal promedio de solución por aplicar	0,0010 L/s
Volumen solución del tanque (v)	1 L
Consumo promedio diario (P)	153.4 mg/s

Fuente: Resumen de los resultados obtenidos del proceso de coagulación. Autores, 2018

6.3.3. Mezcla rápida (Vertedero triangular de 90°)

En la tabla 13 se presentan los resultados del dimensionamiento del vertedero triangular de 90° y en el Anexo 7 se puede ver más detalladamente estos cálculos:

*Tabla 13.
Resultado del diseño del vertedero triangular*

Altura máxima (H)	0,50
Caudal específico (q)	0,065 m ² /s
Altura crítica (hc)	0,062 m
Altura de agua en la sección 1 (h1)	0,021 m
Velocidad en la sección 1	3,1 m/s
Número de froude (F1)	6,82
Altura de agua en la sección 2 (h2)	0,20 m
Velocidad en la sección 2 (V2)	0,325 m/s
Longitud del resalto	1,07 m

Distancia del vertedero a la sección (Lm)	0,32 m
Perdida de carga en el resalto (hp)	0,34 m
Velocidad media (Vm)	1,71 m/s
Perida de carga en el resalto (hp)	0,34 m
Velocidad media (Vm)	1,71 m/s
Tiempo de mezcla (T)	0,18 s
Gradiente de velocidad (G)	4031.3860 S ⁻¹

Fuente: Resumen de los resultados obtenidos del vertedero triangular de 90°. Autores, 2018

El numero de froude cumple porque se encuentra dentro del rango de 4,5 y 9 (Cesar, 2013). Dentro de la gama de vertederos que se existen, se escogió el de tipo triangular con un ángulo de 90° ya que es el más recomendado para caudales pequeños (menos de 6 litros por segundo) es conveniente aforar usando vertederos en forma de V debido a que, como la presión varía con la altura, se produce un gran gradiente de velocidad entre la parte inferior del triángulo y la superior. Produciéndose una variación en la lectura de la carga hidráulica H más representativa.

6.3.4. Flocculación

En la tabla 14 se presentan los resultados del dimensionamiento del floculador y en el Anexo 7 se puede ver más detalladamente estos cálculos:

Tabla 14.

Resultado del diseño del floculador

Longitud de los canales (l)	90 m
Velocidad (v)	0,10 m/s
Tiempo (T)	15'
Área de los canales	0,26 m ²
Profundidad de la lámina de agua (d)	0,92 m
Separación entre tabiques (Sb)	0,28 m
Profundidad del tanque	1,52 m
Ancho libre	0,60 m
Espacio entre tabiques (St)	0,42 m
Ancho del floculador (B)	3,5 m
Numero de canales en cada tramo (N)	26
Longitud total del floculador (L)	7,43 m
Perida de carga en las vueltas (h1)	0,025 m
Perimetro mojado en las secciones (Pm)	1,77 m
Perdida de carga en los canales (h2)	0,099 m
Coeficiente de fricción de Manning	0,030 (CEPIS)
Radio medio hidráulico (r)	0,15 m
Perdida total de cargas en tramos (hf)	0,124 m
Gradiente de velocidad (G)	34,43 s

Fuente: Resumen de los resultados obtenidos del floculador. Autores, 2018

Según el autor Handerbergh la altura minima de la lamina de agua en floculadores de flujo horizontal debe ser igual o mayor a 0,90 m. Por lo tanto, se toma una separación entre tabiques (S_b) de 0,28 m con el fin de obtener una profundidad de 0,92m.

El mismo autor propone adoptar un ancho libre de 0,60 m como mínimo

Y, por último, el floculador cumple con la condición de que según los autores: AWWA, Kawamura, Fair y Geyer entre otros, el gradiente de velocidad debe estar en el rango de $1 - 100 \text{ seg}^{-1}$.

6.3.5. Sedimentador

En la tabla 15 se presentan los resultados del dimensionamiento del sedimentador y en el Anexo 7 se puede ver más detalladamente estos cálculos:

Tabla 15.

Resultado del diseño del sedimentador

Caudal unitario (q)	1123,2 m^3/d
Area del sedimentador (a)	32,01 m^2
Ancho del sedimentador (A)	2,83 m
Longitud del sedimentador (L)	11,31 m
Tiempo de retención (TRH)	2,64 h
Ancho de la canaleta (ac)	0,4 m
Caudal de la canaleta (Q_c)	0,0010 m^3/s
Profundidad de la lamina de agua (h_o)	0,012 m
Profundidad del vertedero (H_v)	0,132 m

Fuente: Resumen de los resultados obtenidos del sedimentador. Autores, 2018

Para efectos de mantenimiento se deberán construir dos unidades de sedimentación. Se cumplió con el tiempo de retención (2,64 h) el cual debía encontrarse dentro del rango de 2 a 6 h (CEPIS, 2005) Según Romero (1999) la profundidad del agua que es de 0,012 m cumple con el criterio de ser mayor a 0,08 m con lo cual el cálculo es correcto.

6.3.6. Filtración

En la tabla 16 se presentan los resultados del dimensionamiento del filtro y en el Anexo 7 se puede ver más detalladamente estos cálculos. El sistema de filtración contemplado en el diseño de esta planta de tratamiento contará con un medio filtrante de antracita, arena y grava por lo cual el filtro según recomienda Chavarro (2014) tendría una profundidad convencional de 0,6 a 0,9 m; para este diseño la profundidad tomada es de 0,8 m (en la tabla 16. Se desglosa la profundidad de cada medio filtrante), además se tuvo en cuenta en el diseño que la altura de la columna de agua sobre el lecho siempre estuviera por encima de la profundidad del lecho ya que este en ningún momento esté debe trabajar en seco.

Tabla 16.
Resultado del diseño del filtro

Numero de filtros (N)	2 unidades
Tasa de filtración	200 m ³ /día.m ² (RAS, 2000)
Area total de filtración (ATF)	1,12 m ²
Area superficial para cada filtro (As)	0,56 m ²
Diámetro de cada filtro (D)	0,84 m
Altura de la capa de arena (m)	0,25

Altura de la capa de antracita (m)	0,2
Altura de la capa de grava (m)	0,35

Fuente: Resumen de los resultados obtenidos del filtro. Autores, 2018

La filtración lenta es un proceso físico de purificación del agua que consiste en hacerla pasar a través de capas de arena que constituyen el medio filtrante; durante este proceso la calidad de agua mejora considerablemente por reducción del número de microorganismos (bacterias, quistes, virus, etc.), eliminación de materia en suspensión, de materia coloidal y cambios en la composición química.

Teniendo en cuenta que se trabajará con un lecho mixto de arena y grava es conveniente tomar una tasa de filtración de $200 \text{ m}^3/\text{día.m}^2$ valor que esta dentro del rango que estipula el RAS (2017) el cual se sitúa entre 180 y $350 \text{ m}^3/\text{día.m}^2$.

6.3.7. Desinfección

Para la desinfección se utilizará para tal fin el hipoclorito de sodio en solución el cual maneja una dosis mínima de 1,7 mg/l y un máxima de 23,1 mg/l. mientras que la concentración de la solución esta en el rango de 10.000 a 50.000 mg/l (CEPIS).

*Tabla 17.
Resultado del proceso de desinfección*

Dosis promedio de desinfectante (D)	10,7 mg/l
Caudal de solución a aplicar (q)	0,00079 l/s
Consumo de desinfectante (P)	7862400 kg/día

Fuente: Resumen de los resultados obtenidos del proceso de desinfección. Autores, 2018

6.3.8. Almacenamiento.

Este diseño corresponde a un tanque de distribución que almacena agua que será distribuida cada 24 horas.

Tabla 18.

Resultado del tanque de almacenamiento

Capacidad del tanque (m ³)	0,50 m ³
--	---------------------

Fuente: Resumen de los resultados obtenidos del tanque de almacenamiento. Autores, 2018

6.4. Etapa 3: Costos para la construcción de la planta de tratamiento de agua potable

Para la realización del presupuesto fue necesario realizar visitas a Homecenter y Constructor con el fin de tener los precios reales y actualizados de los materiales a utilizar, también fue necesario tener en cuenta el criterio de ingenieros civiles, y, por último la revisión de fuentes de información secundarias.

Tabla 19.

Costos para la construcción de la planta de tratamiento de agua potable

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	VALOR. UNITARIO	VALOR
SEDIMENTADOR				
Concreto estructural imper 28 Mpa (elevación muros)	m ²	0,75	\$510,046	\$382,534
Muro ladrillo tolete común (e=0.15) (tanque almacenamiento)	m ²	0,75	\$ 58,197	\$ 43,647
Subtotal				\$ 426,181
FILTROS				
Concreto simple resist. 28 mpa (280 Kg/cm ²) relleno	m ²	0,23	\$386,001	\$ 88,780
Concreto estructural imper 28 Mpa (elevación muros)	m ²	7,70	\$510,046	\$ 3,927.354
Adhesivo epóxico de concreto Fresco a endurecido	kg	1	\$ 54,441	\$ 54,441

Suministro e instalación arena Para lechos filtrantes	m ³	0,5	\$629,481	\$ 314,740
Suministro e instalación antracita para lechos filtrantes	m ³	0,26	\$399,439	\$ 103,854
Suministro e instalación grava para lechos filtrantes	m ³	0,46	\$629,481	\$ 289,561
Canaleta recolección en lámina cr. Cal 14 (0.25 x 0.30 m log= 1.40 m) recubrimiento pintura horneable	u	0,25	\$184,919	\$ 46,229
Subtotal				\$ 4,824,959
FLOCULADOR				
Concreto estructural imper 28 mpa (muros nuevos)	m ²	1,08	\$510,046	\$ 550,849
Concreto simple resist. 28 mpa (280 kg/cm ²) (relleno placa de fondo)	m ²	0,30	\$ 386,001	\$ 115,800
Adhesivo epóxico de concreto fresco a endurecido	kg	1,03	\$ 55,441	\$ 57,104
Acero de refuerzo 60.000 psi	kg	0,5	\$ 2,698	\$ 1,349
Separadores en u fibrocemento de 0.06m x 0.06m, L= 1.00m (incluye anclajes)	U	0,025	\$ 29,103	\$727,575
Placas planas en fibrocemento de 2.30m x 1.00m E= 0.01m	U	0,13	\$ 50,526	\$ 6,568
NIPLE HD Ø 6" JH PVC L=1.20m	U	2,9	\$ 858,935	\$2,490,911
Instalación accesorios pvc ø 6"	L	1	\$ 2,853	\$ 2,853
Instalación niples y pasa muros HF Ø 2" a 6"	U	1	\$ 14,461	\$ 14,461
Subtotal				\$ 3,967,470
VERTEDERO TRIANGULAR				
Hormigón simple f'c=350 Kg/cm ² (Incluye encofrado)	m ²	1	\$ 182,780	\$ 182,780
Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm ²	kg	1	\$ 137,772	\$ 137,772
Subtotal				\$ 320,552
ALMACENAMIENTO				
Plantilla de concreto f c=100	m ²	1	\$ 31,110	\$ 31,110
Suministro y colocación de acero de refzo. de f =4200 Kg/cm ²	kg	1	\$1,336.000	\$ 1,336.000
Subtotal				\$ 1,367,110
TOTAL				\$ 10,906,270

Fuente: Camacho y Peña, 2018.

Conclusiones

Por medio de los resultados de análisis de agua realizados en los laboratorios de la Universidad de la Costa para los diferentes parámetros, se halló que el nivel de calidad del agua para DBO5, Coliformes totales y fecales, así como la turbiedad y el color verdadero son muy deficientes. Por otra parte, el oxígeno disuelto, el pH, gusto y color del agua la hacen una fuente de abastecimiento regular según el RAS 2000; Es decir que la población de La Playita no está tomando un agua apta para el consumo humano.

El diseño de la planta de tratamiento de agua potable para la población de La Playita consta de las siguientes unidades de tratamiento: Desarenador, coagulación, vertedero triangular de 90°, floculación, sedimentador, desinfección y tanque de almacenamiento.

Mediante este diseño se podrá ampliar la cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua potable y, por tanto, reducir el número de personas de la comunidad de la playita que todavía utilizan fuentes de agua no aptas para el consumo con lo cual se mejoraría la calidad de vida de esta comunidad.

La implementación de este proyecto y la construcción de la planta disminuirán las enfermedades y muertes de miles de niños y niñas todos los días y evitará que se conduzca al empobrecimiento y la reducción de las oportunidades para los habitantes de la playita.

Fue necesario cambiar el tiempo de operación de la planta a 4 horas dado que el lugar no posee fluido eléctrico, sino que se requiere de plantas de energía para la operación del sistema de abastecimiento.

Se determinó que mediante los chequeos realizados que el diseño de las unidades de tratamiento presentado en este documento cumple con los criterios establecidos en el RAS 2000

y el CEPIS, comprobando de esta manera que los cálculos estuvieron correctamente realizados para el funcionamiento hidráulico del sistema de tratamiento.

El presupuesto de la planta de tratamiento de agua potable es de \$ 10, 906,270.

Recomendaciones

El organismo que construya el sistema de abastecimiento de agua potable deberá aplicar estrictamente las especificaciones técnicas contenidas en este proyecto para garantizar la calidad y el buen funcionamiento del sistema.

Así mismo, se recomienda apoyarse en el CEPIS y el RAS documentos que proporcionaron información pertinente para este proyecto.

Capacitar a la población en temas como el uso y ahorro de agua. Esto con la finalidad de llegar a concientizar a los pobladores de la importancia de tener un sistema nuevo y eficiente de agua potable, responsabilizarlos del cuidado y precaución que deberán tener con estas obras y que sean artífices de su propio desarrollo.

Originar el pago de la tarifa por usuario beneficiado del sistema de agua potable para dar el mantenimiento y una operación adecuada que conlleven a la sostenibilidad de este.

Realizar un manual de operación y mantenimiento para que lo imparta al operador y se cumpla con lo establecido.

Es menester para que este proyecto y para cualquier otro que beneficie a la comunidad se puedan ejecutar buscar fuentes financiación para la construcción de esta planta de tratamiento de agua potable. En este sentido, se recomienda mediante los líderes comunitarios gestionar ante el gobierno municipal (alcaldía de Sitio Nuevo, Magdalena) los recursos para la construcción de esta planta. Asimismo, es necesario que el municipio en representación de La Playita gestione recursos a nivel nacional.

Referencias

- Angulo, C. (2009) derecho humano al agua potable. Global. Recuperado de: <http://www.gloobal.net/iepala/gloobal/fichas/ficha.php?id=8808&entidad=Textos&html=1>
- Arboleda, J. (1992). Teoría y práctica de la purificación del agua. Bogotá, Colombia. MCGRAW-HILL.
- Benavidez, D., Castro, M y Vizcaíno, H. (2006) optimización del acueducto por gravedad del municipio de Timaná (Huila). (tesis de pregrado) Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia.
- Brieva, D. Montes, S., Pérez, N., Pico, A., Ripoll, J. (S.f). El agua fuente de vida. Artículo de divulgación.
- Caminati, A. y Caqui, R. (2013). Análisis y diseño de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura. Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.
- Chavarro, D (2014) diseño de una planta de tratamiento de agua potable de 2 lts/s para una población de 750 habitantes. (tesis de posgrado) Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.
- Chávez de Allaín, A. M. (2012). Capítulo III: Tecnologías de control de la contaminación. Universidad de Piura.
- Chulluncuy (2011) Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería Industrial n° 29, 2011, ISSN 1025-9929, pp. 153-170.

Comunidades europeas (2004). Agua para la vida. Recuperado de:
http://www.bvsde.paho.org/CDGDWQ/Biblioteca/Manuales_Guias_LibrosDW/PNUDDocumentos/agua_vida_es.pdf

Concha, J; Guillén, J. (2014) Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable. Tesis de pregrado. Escuela profesional de ingeniería civil. Perú.

Constitución política de Colombia (1991) recuperado de:
http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html

Cordero, M y Ullauri, P. (2011) filtros caseros, utilizando ferro cemento, diseño para servicio a 10 familias, constante de 3 unidades de filtros gruesos ascendentes (FGAS), 2 filtros lentos de arena (FLA), sistema para aplicación de cloro y 1 tanque de almacenamiento. (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca. Ecuador.

Crespo, D. (2016) Manual de operación y mantenimiento para el sistema de desinfección de agua potable con hipo clorador (Tesis de pregrado) Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Decreto 1541 (1978) Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.

Decreto 1594. Diario Oficial 36700 de julio 26 de 1984

Decreto 3930. Diario Oficial 47837. Octubre 25 del 2010.

Defensoría del pueblo (2012) diagnóstico sobre calidad de agua para consumo humano en Colombia, en el marco del derecho humano al agua. Actualización del Informe Defensorial No. 39. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/foro4/06Informe.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. DANE. Censo (2005) Recuperado de:

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. DANE. Censo (1985)

Recuperadode:https://formularios.dane.gov.co/Anda_4_1/index.php/catalog/115/related_materials

Echeverria, J y Anaya, S (2018) el derecho humano al agua potable en Colombia: decisiones del estado y de los particulares. Vniversitas. Vol. 40. núm. 136.

Espejo (2013). Estudios y diseños del sistema de agua potable del barrio San Vicente, parroquia Nambacola, cantón Gonzanamá. Tesis de pregrado. Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja.

Jiménez (S.f) manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Universidad veracruzana. Facultad de ingeniería civil. México.

Ley 99. Diario Oficial No. 41.146 de 22 de diciembre de 1993

Maldonado Y, V. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano Plantas de filtración rápida. Sedimentación. Lima: CEPIS/OPS.

Organización Mundial de la Salud (1992). Agenda 21. Desarrollo sostenible: un programa para la nación. Primera edición. Editor: Pierre Foy Valencia.

Organización Mundial de la Salud (2017). Agua saneamiento e higiene. Enfermedades transmitidas por el agua. Recuperado de:
http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/diseases/es/

Organización Mundial de la Salud. (2004). Guías para la calidad del agua potable. Organización Mundial de la Salud.

- Pérez (2015). Diseño y construcción de un pantano de flujo vertical a escala piloto. Tesis de pregrado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- Pérez, E (2013) diseño y construcción de un pantano de flujo vertical a escala piloto. (tesis de pregrado) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, saltillo, Coahuila, México.
- Ramírez, C. (2016). Guía técnica acueducto y alcantarillado. Universidad católica de Colombia.
- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS (2000). Título C. Recuperado de: http://procurement.notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483
- Resolución 1575 (2007) Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- Resolución 2115 del 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
- Ruíz, A. (2013) formulación básica para la optimización de plantas de potabilización según la nueva legislación – caso de estudio. (tesis de pregrado) Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Sánchez, S y Peña, M. (2011) Propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Bituima, Cundinamarca. Tesis de pregrado. Universidad de la Salle. Bogotá.
- UNICEF (1989). Convención Internacional sobre los Derechos del Niño y de la Niña. Recuperado de: https://www.unicef.org/paraguay/spanish/py_convencion_espanol.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto para la ejecución de este proyecto

Proyecto: Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable para la población de La Playita, Sitio Nuevo Magdalena.				
Costos directos				
Descripción	Cantidad	Tiempo (meses)	Costo Unitario	Costo total
Director	1	8	\$700.000	\$5.600.000
Estudiantes	2	8	\$200.000	\$3.200.000
			Sub-total	\$8.800.000
Costos indirectos				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo Total
Viajes para las visitas de campo	4	Mes	\$20.000	\$80.000
Papelería (Anillados, fotocopias...)	1	Mes	\$50.000	\$50.000
Materiales	2	Global	\$50.000	\$50.000
			Sub-total	\$580.000
Valor total de costos				\$9.380.000
Imprevistos (10%)				\$938.000
Total, del proyecto			\$10.318.000	

Anexo 2. Fórmulas para el cálculo de la población futura**Método geométrico**

Ecuación 12. Fórmula para el cálculo de la población futura

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

Fuente: Resolución 0330 del 2017

Pa: población actual

R: rata de crecimiento anual.

N: periodo de diseño.

Anexo 3. Fórmulas para el cálculo de las dotaciones

Dotación neta máxima

La dotación neta máxima se tomará según lo estipula el RAS en función de altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida.

Dotación bruta

Ecuación 13. Fórmula para el cálculo de la dotación neta máxima

$$D_{bruta} = \frac{D_{neta}}{1 - \% p}$$

Fuente: Resolución 0330 del 2017

% P: pérdidas máximas admisibles.

Anexo 4. Fórmulas para el cálculo de los caudales

Caudal medio diario (Qmd)*Ecuación 14. Fórmula para el cálculo del caudal medio diario*

$$Qmd = \frac{Pd \times Dbruta}{86400}$$

Fuente: RAS, 2000

Pd: población de diseño, hab.

Caudal máximo diario (QMD)*Ecuación 15. Fórmula para el cálculo del caudal máximo diario*

$$QMD = KMD \times Qmd$$

Fuente: RAS, 2000

KMD: factor de mayoración máximo diario (k1)

Qmd: caudal medio diario

Caudal máximo horario (QMH)*Ecuación 16. Fórmula para el cálculo del caudal máximo horario*

$$QMH = KMD \times Qmd$$

Fuente: RAS, 2000

KMD: factor de mayoración máximo horario (k2)

Qmd: caudal medio diario

Anexo 5. Fórmulas para el diseño de la línea de aducción

Línea de aducción

El caudal de aducción será el mismo que el caudal medio diario (QMD)

Ecuación 17. Fórmula para el cálculo del área

$$Q_{aducción} = QMD$$

$$A = \frac{Q}{v}$$

Fuente: RAS, 2000

La velocidad que se escoja debe evitar la sedimentación y la abrasión en la tubería.

Ecuación 18. Fórmula para el cálculo del diámetro de la línea de aducción

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

Fuente: RAS, 2000

Este valor se ajusta al diámetro comercial y se hace un reajuste para calcular nuevamente el valor del área y la velocidad.

Ecuación 19. Fórmula para el cálculo del área con el diámetro ajustado

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Fuente: RAS, 2000

Ecuación 20. Fórmula para el cálculo de la velocidad de la línea de aducción

$$V = \frac{Q}{A}$$

Fuente: RAS, 2000

Anexo 6. Fórmulas para el diseño de las unidades de tratamiento

FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DEL DESARENADOR.

Velocidad de sedimentación

Se determina la velocidad de sedimentación. Como primera aproximación utilizamos la ley de Stokes mediante la siguiente tabla.

DENSIDAD Y VISCOSIDAD DEL AGUA
Calculadas de las tablas "International Critical"

Temperatura °C	Densidad (gr/cm ³)	Viscosidad Cinematica
0	0.99987	1.7923
1	0.99993	1.7321
2	0.99997	1.6741
3	0.99999	1.6193
4	1.00000	1.5676
5	0.99999	1.5188
6	0.99997	1.4726
7	0.99993	1.4288
8	0.99988	1.3874
9	0.99981	1.3479
10	0.99973	1.3101
11	0.99963	1.2740
12	0.99952	1.2396
13	0.99940	1.2068
14	0.99927	1.1756
15	0.99913	1.1457
16	0.99897	1.1168
17	0.99880	1.0888
18	0.99862	1.0618
19	0.99843	1.0356
20	0.99823	1.0105
21	0.99802	0.9863
22	0.99780	0.9629
23	0.99757	0.9403
24	0.99733	0.9186
25	0.99707	0.8975
26	0.99681	0.8774
27	0.99654	0.8581
28	0.99626	0.8394
29	0.99597	0.8214
30	0.99568	0.8039
31	0.99537	0.7870
32	0.99505	0.7708
33	0.99473	0.7551
34	0.99440	0.7398
35	0.99406	0.7251
36	0.99371	0.7109
37	0.99336	0.6971
38	0.99299	0.6839
39	0.99262	0.6711

Ecuación 21. Fórmula para el cálculo de la velocidad de sedimentación

$$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_s - \rho}{\eta} \right) d^2$$

Fuente: RAS, 2000

Siendo:

Vs: Velocidad de sedimentación (cm/seg)

D: Diámetro de la partícula (cm)

η : Viscosidad cinemática del agua (cm² /seg)

Se comprueba el Número de Reynolds

En caso de que el número de Reynolds no cumpla para la aplicación de la ley de Stokes ($Re < 0.5$) se realizará un reajuste al valor de Vs considerando la sedimentación de la partícula en régimen de transición, mediante el término del diámetro y el término de velocidad de sedimentación del anexo 2.

Ecuación 22. Fórmula para el cálculo del número de Reynolds

$$Re = \frac{V_s * d}{\eta}$$

Fuente: RAS, 2000

Coefficiente de arrastre

Ecuación 23. Fórmula para el cálculo del coeficiente de arrastre

$$C_d = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

Fuente: RAS, 2000

Velocidad de sedimentación final

Se determina la velocidad de sedimentación de la partícula en la zona de transición mediante la ecuación.

Ecuación 24. Fórmula para el cálculo de la velocidad de sedimentación final

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{Cd} (P_s - 1) * d}$$

Fuente: RAS, 2000

Coefficiente de seguridad

Consultar el anexo 3 para su cálculo.

Se calcula el área superficial

Ecuación 25. Fórmula para el cálculo del área superficial

$$V_s = \left(\frac{Q * \text{Coef. seguridad}}{A_s} \right)$$

Fuente: RAS, 2000

Se determina las dimensiones de largo, ancho y profundidad respetando los criterios de diseño.

Relación longitud ancho será de 4:1, entonces.

Ecuación 26. Fórmula para el cálculo del ancho del desarenador

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{4}}$$

Fuente: RAS, 2000

Velocidad horizontal*Ecuación 27. Fórmula para el cálculo de la velocidad horizontal*

$$Vh = \frac{Q}{At}$$

Fuente: RAS, 2000

Determinamos la velocidad límite que re suspende el material o velocidad de desplazamiento:

Ecuación 28. Fórmula para el cálculo de la velocidad limite

$$Vd = \sqrt{\frac{8k}{f} g(Ps - 1)d}$$

Fuente: RAS, 2000

Siendo:

K: Factor de forma (0.04, arenas unigranulares no adheribles)

Vd: Velocidad de desplazamiento (cm/seg)

F: Factor de rugosidad de la cámara

Luego se debe cumplir la relación $Vd > Vh$, lo que asegura que no se producirá la re suspensión.

La longitud de la transición de ingreso la determinamos mediante la ecuación:

Ecuación 29. Fórmula para el cálculo de la longitud de transición

$$L1 = \frac{B - b}{2 * tg \theta}$$

Fuente: RAS, 2000

Siendo:

Θ : Ángulo de divergencia ($12^\circ 30'$)

B: Ancho del sedimentador (m)

b: Ancho del canal de llegada a la transición (m)

FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DEL PROCESO DE COAGULACIÓN**Datos para el cálculo del dosificador:**

Ecuación 30. Fórmula para el cálculo del dosificador del coagulante

$$Q \times D = q \times C = P$$

Fuente: CEPIS, 2004

Q: caudal de diseño de la planta l/s

D: dosis promedio de coagulante en mg/l

q: caudal promedio de solución por aplicar en l/s

P: peso del reactivo por dosificar en m³/s o Kg/d

C: concentración de la solución en mg/l

Caudal promedio de solución por aplicar (q):

Ecuación 31. Fórmula para el cálculo del caudal unitario

$$q = \frac{D \times Q}{PC}$$

Fuente: CEPIS, 2004

Volumen solución del tanque (v):

Ecuación 32. Fórmula para el cálculo del volumen solución del tanque

$$V \text{ por día} = q \times t$$

Fuente: CEPIS, 2004

Consumo promedio diario

Ecuación 33. Fórmula para el cálculo del consumo promedio diario

$$P = Q \times D$$

Fuente: CEPIS, 2004

FÓRMULAS PARA EL DISEÑO DEL VERTEDERO TRIANGULAR DE 90°

Como se conoce el caudal se procede a calcular la H altura máxima, para así determinar las demás dimensiones del vertedero.

Ecuación 34. Fórmula para el cálculo de la altura máxima del vertedero

$$H = \left(\frac{Q}{\frac{8}{15}(0,6)\sqrt{2(9,81)} \tan \frac{90}{2}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Fuente: RAS, 2000

Caudal específico

Ecuación 35. Fórmula para el cálculo del caudal unitario del vertedero

$$q = \frac{Q}{B}$$

Fuente: RAS, 2000

Altura crítica

Ecuación 36. Fórmula para el cálculo de la altura crítica

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{(q)^2}{9,81}}$$

Fuente: RAS, 2000

Altura de agua en la sección 1

Ecuación 37. Fórmula para el cálculo de la altura de agua en la sección 1

$$h_1 = \frac{\sqrt{2} * h_1}{1,06 + \sqrt{\left(\frac{0,50}{h_1 m} + 1,5\right)}}$$

Fuente: RAS, 2000

Velocidad en la sección 1

Ecuación 38. Fórmula para el cálculo de la velocidad en la sección 1

$$V_1 = \frac{q}{h_1}$$

Fuente: RAS, 2000

Numero de Froude*Ecuación 39. Fórmula para el cálculo del número de Froude*

$$F1 = \frac{V1}{\sqrt{(g)(h1)}}$$

Fuente: RAS, 2000

El numero de froude se debe dentro del rango de 4,5 y 9.

Altura de agua en la sección 2*Ecuación 40. Fórmula para el cálculo de la altura de agua en la sección 2*

$$h2 = \frac{h1}{2} (\sqrt{1 + 8(F1)^2})$$

*Fuente: RAS, 2000***Velocidad en la sección 2***Ecuación 41. Fórmula para el cálculo de la velocidad en la sección 2*

$$V2 = \frac{q}{h2}$$

*Fuente: RAS, 2000***Longitud del resalto***Ecuación 42. Fórmula para el cálculo de la longitud del resalto*

$$Lj = 6(h2 - h1)$$

*Fuente: RAS, 2000***Distancia del vertedero a la sección***Ecuación 43. Fórmula para el cálculo de la distancia del vertedero a la salida de la sección*

$$Lm = 4,3 * 0,5 m \left(\frac{hc}{0,5 m} \right)^{0,9}$$

Fuente: RAS, 2000

Perdida de carga en el resalto

Ecuación 44. Fórmula para el cálculo de la pérdida de carga en el resalto

$$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_1 * h_2}$$

Fuente: RAS, 2000

Velocidad media

Ecuación 45. Fórmula para el cálculo de la velocidad media

$$V_m = (V_1 + V_2) / 2 = 1,71 \text{ m/s}$$

Fuente: RAS, 2000

Tiempo de mezcla

Ecuación 46. Fórmula para el cálculo del tiempo de mezcla

$$T = \frac{L_m}{V_m}$$

Fuente: RAS, 2000

Gradiente de velocidad

Ecuación 47. Fórmula para el cálculo del gradiente de velocidad

$$G = \sqrt{\frac{9800 * h_p}{1,139 * 10^{-3} * T}}$$

Fuente: RAS, 2000.

FÓRMULAS PARA EL DISEÑO DEL FLOCULADOR**Longitud de los canales**

Ecuación 48. Fórmula para el cálculo la longitud de los canales del floculador

$$l = V \times T \times 60$$

Fuente: CEPIS, 2004

T: Tiempo de retención

V: Velocidad

Área de los canales

Ecuación 49. Fórmula para el cálculo del área de los canales del floculador

$$a = \frac{Q}{V}$$

Fuente: CEPIS, 2004

Q: Qmd.

Profundidad de la lamina de agua del floculador

Ecuación 50. Fórmula para el cálculo de la lámina de agua del floculador

$$d = a/Sb$$

Fuente: CEPIS, 2004

Sb: separación entre tabiques

Profundidad del tanque del floculador

Ecuación 51. Fórmula para el cálculo de la profundidad del tanque del floculador

$$At = d + BL$$

Fuente: CEPIS, 2004

BL: Borde libre

Espacio entre tabiques

Ecuación 52. Fórmula para el cálculo de los espacios entre tabiques

$$St = 1,5(Sb)$$

Fuente: CEPIS, 2004

Ancho del floculador

Ecuación 53. Fórmula para el cálculo del ancho del floculador

$$B = 3b + d$$

Fuente: CEPIS, 2004

b: Ancho útil de la lamina de asbesto-cemento corrugada

Número de canales en cada tramo

Ecuación 54. Fórmula para el cálculo del número de canales en cada tramo

$$N = l/B$$

Fuente: CEPIS, 2004

Longitud de cada tramo

Ecuación 55. Fórmula para el cálculo de la longitud de cada tramo

$$L = N \times a + (N-1)e$$

Fuente: CEPIS, 2004

e: espesor de las laminas de asbesto-cemento corrugada.

Pérdidas de carga en las vueltas (h1)

Ecuación 56. Fórmula para el cálculo de las pérdidas de carga en las vueltas

$$h1 = K V^2 (N - 1) / 2g$$

Fuente: CEPIS, 2004

K: Coeficiente de perdida de carga.

Pérdida de carga en los canales (h2)

Ecuación 57. Fórmula para el cálculo de la pérdida de carga en los canales

$$h_2 = L * \frac{n (v)^2}{R^{\frac{2}{3}}}$$

Fuente: CEPIS, 2004

n: Número de Manning

r: Radio hidráulico

Pérdida total de carga en tramos

Ecuación 58. Fórmula para el cálculo de la pérdida total de carga en tramos

$$hf = h_1 + h_2$$

Fuente: CEPIS, 2004

Gradiente de velocidad

Ecuación 59. Fórmula para el cálculo del gradiente de velocidad

$$G = \sqrt{\frac{gH}{Vt}}$$

Fuente: CEPIS, 2004

FÓRMULA PARA EL DISEÑO DEL SEDIMENTADOR**Caudal unitario**

Ecuación 60. Fórmula para el cálculo del caudal unitario

$$q = \frac{Q}{n}$$

Fuente: Romero, 1999.

Área del sedimentador

Ecuación 61. Fórmula para el cálculo del área de sedimentador

$$As = \frac{Q}{q}$$

Fuente: Romero, 1999.

Ancho del sedimentador

Ecuación 62. Fórmula para el cálculo del ancho del sedimentador

$$b = \sqrt{\frac{As}{L/B}}$$

Fuente: Romero, 1999.

La longitud será

Ecuación 63. Fórmula para el cálculo de la longitud

$$L = \frac{A}{B}$$

Fuente: Romero, 1999.

El tiempo de retención será*Ecuación 64. Fórmula para el cálculo del tiempo de retención*

$$TRH = \frac{A * H}{Q}$$

*Fuente: Romero, 1999.***Velocidad horizontal del flujo***Ecuación 65. Fórmula para el cálculo de la velocidad horizontal del flujo*

$$Vh = \frac{Q}{H * B}$$

*Fuente: Romero, 1999.***Calculo del vertedero de salida***Ecuación 66. Fórmula para el cálculo del vertedero de salida*

$$carga\ del\ vertedero = \frac{Q}{B}$$

*Fuente: Romero, 1999.***Caudal de la canaleta***Ecuación 67. Fórmula para el cálculo del caudal de la canaleta*

$$Qc = \frac{Q * b}{b + 2 * anchodelcanal}$$

*Fuente: Romero, 1999.***Profundidad de la lamina de agua***Ecuación 68. Fórmula para el cálculo de la lámina de agua*

$$ho = \left(\frac{Qc}{1.375 * ac} \right)^{2/3}$$

Fuente: Romero, 1999.

FÓRMULAS PARA EL DISEÑO DEL FILTRO**Número de filtros**

Ecuación 69. Fórmula para el cálculo del caudal del número de filtros

$$N = 0,044 * (Qd)^{0,5}$$

Fuente: RAS, 2000

Tasa de filtración: 175 – 470 m³/día.m² (RAS, 2000)

Área total de filtración

Ecuación 70. Fórmula para el cálculo del área total de filtración

$$ATF = \frac{Qd}{q}$$

Fuente: RAS, 2000

Área superficial para cada filtro

Ecuación 71. Fórmula para el cálculo del área superficial de cada filtro

$$As = \frac{ATF}{N}$$

Fuente: RAS, 2000

Diametro de cada filtro

Ecuación 72. Fórmula para el cálculo del diámetro de cada filtro

$$D = \sqrt{\frac{4(AS)}{\pi}}$$

Fuente: RAS, 2000

FÓRMULAS PARA EL DISEÑO DEL PROCESO DE DESINFECCIÓN*Ecuación 73. Proceso de Desinfección*

$$Q \times D = q \times C = P$$

Fuente: RAS, 2000

Q: caudal de diseño de la planta l/s

D: dosis promedio del desinfectante en mg/l

q: caudal promedio de solución por aplicar en l/s

P: peso del reactivo por dosificar en m³/s o Kg/d

C: concentración de la solución en mg/l

Cálculo de la dosis promedio que se vaya a aplicar.*Ecuación 74. Fórmula para el cálculo de la dosis promedio a aplicar*

$$D = \frac{(DM - Dm)mg/l}{2}$$

*Fuente: RAS, 2000***Caudal promedio de solución por aplicar***Ecuación 75. Fórmula para el cálculo del caudal promedio de solución*

$$q = \frac{Q D}{C}$$

*Fuente: RAS, 2000***Consumo promedio diario***Ecuación 76. Fórmula para el cálculo del consumo promedio diario*

$$P = QD$$

Fuente: RAS, 2000

FÓRMULA PARA EL DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Tipo de tanque de almacenamiento

El Tipo de tanque de almacenamiento utilizado será de *Reservorios de cabecera* el cual se alimentan directamente de la planta de tratamiento mediante un sistema de bombeo.

Capacidad del reservorio

La capacidad del almacenamiento de un tanque está en función, principalmente, del volumen de regulación para atender las variaciones del consumo de la población. Para sistemas por bombeo, el volumen de regulación depende del número y duración de las horas de bombeo, así como de los horarios en los que se realicen dichos bombeos (CEPIS).

Tabla 20.

Capacidad de almacenamiento de un tanque

Tiempo de bombeo	Suministro al tanque (horas)	Gasto de bombeo	Capacidad del tanque (m ³)
De 0 a 24	24	Q.M.D	$C = 14.58 * Q.M.D$
De 4 a 24	20	Q.M.D 24/20	$C = 7.20 * Q.M.D$
De 6 a 22	16	Q.M.D 24/16	$C = 15.30 * Q.M.D$

Anexo 7. Resultado del diseño de las unidades de tratamiento

Resultados del diseño del desarenador**Desarenador****Velocidad de sedimentación**

Se determina la velocidad de sedimentación. Como primera aproximación utilizamos la ley de Stokes.

Ecuación 77. Resultado de la velocidad de sedimentación

$$V_s = \frac{1}{18} \left(980 \frac{cm}{s^2} \right) \left(\frac{2,65 \frac{gr}{cm^3} - 1}{1,0105 \cdot 10^{-2} cm^3 / seg} \right) 0,02^2$$

Fuente: Autores, 2018

$$V_s = 3.55 cm/seg$$

Siendo:

Vs: Velocidad de sedimentación (cm/seg)

D: Diámetro de la partícula (cm)

η : Viscosidad cinemática del agua (cm² /seg)

Se comprueba el Número de Reynolds

En caso de que el número de Reynolds no cumpla para la aplicación de la ley de Stokes (Re<0.5) se realizará un reajuste al valor de Vs considerando la sedimentación de la partícula en

régimen de transición, mediante el término del diámetro y el término de velocidad de sedimentación del anexo 2.

Ecuación 78. Resultado del número de Reynolds

$$Re = \frac{3.55 \text{ cm/seg} * 0,02}{1,0105 * 10^{-2} \text{ cm}^3/\text{seg}} = 7.03$$

Fuente: Autores, 2018

$7.03 < 0.5$ por lo tanto, no se encuentra en la zona de la ley de Stokes y se realiza un ajuste mediante el gráfico del anexo 2.

Término diámetro

Ecuación 79. Resultado del término de diámetro

$$d = \left[\frac{g(Ps - 1)}{n^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 5,02$$

Fuente: Autores, 2018

Término velocidad de sedimentación

Ecuación 80. Resultado del término de velocidad de sedimentación

$$\frac{Vs}{[980 (2,65 - 1)(1,0105 * 10^{-2})]^{\frac{1}{3}}} = 1$$

Fuente: Autores, 2018

$$Vs = 2,54 \text{ cm/seg}$$

Comprobamos nuevamente el número de Reynolds.

Ecuación 81. Comprobación del número de Reynolds

$$Re = \frac{2,54 \frac{cm}{seg} * 0,02}{1,0105 * 10^{-2} \frac{cm^3}{seg}} = 5.02$$

Fuente: Autores, 2018

Coeficiente de arrastre

Ecuación 82. Resultado del coeficiente de arrastre

$$Cd = \frac{24}{5.02} + \frac{3}{\sqrt{5.02}} + 0.34 = 6,46$$

Fuente: Autores, 2018

Velocidad de sedimentación final

Se determina la velocidad de sedimentación de la partícula en la zona de transición mediante la ecuación.

Ecuación 83. Resultado de la velocidad de sedimentación final

$$Vs = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{980}{6,46} (2,65 - 1) * 0,02} = 2,58 \text{ cm/seg}$$

Fuente: Autores, 2018

Coeficiente de seguridad

De acuerdo con el anexo 3 se asume una eficiencia del 75 %, y por tanto se adopta un coeficiente de seguridad de 1,75.

Se calcula el área superficial

Ecuación 84. Cálculo del área superficial

$$2,54 \frac{cm}{seg} = \left(\frac{2,6 \frac{l}{seg} * 1.75}{As} \right)$$

Fuente: Autores, 2018

$$As = 1,79 \text{ m}^2$$

Se determina las dimensiones de largo, ancho y profundidad respetando los criterios de diseño.

Relación longitud año será de 4:1, entonces.

Ecuación 85. Cálculo del ancho del desarenador

$$B = \sqrt{\frac{1,79 \text{ m}^2}{4}} = 0,67 \text{ m}$$

Fuente: Autores, 2018

$$L = 4 * 0,67 = 2,68 \text{ m}$$

Profundidad: h = 1,5 m (Valor supuesto).

Velocidad horizontal

Ecuación 86. Cálculo de la velocidad horizontal

$$Vh = \frac{2,6 \frac{l}{seg}}{2} = 1,3 \frac{cm}{seg}$$

Fuente: Autores, 2018

Determinamos la velocidad límite que re suspende el material o velocidad de desplazamiento:

Se ingresa a la gráfica del anexo 4 en donde f = 0,027

Ecuación 87. Cálculo de la velocidad limite

$$Vd = \sqrt{\frac{8(0,04)}{0,027} (980)(2,65 - 1)0,02} = 19,57 \frac{cm}{seg}$$

Fuente: Autores, 2018

Lo que indica que no habrá re suspensión ya que $Vd > Vh$

$19,57 > 1,3$ cumple.

Siendo:

K: Factor de forma (0.04, arenas unigranulares no adheribles)

Vd: Velocidad de desplazamiento (cm/seg)

F: Factor de rugosidad de la cámara

La longitud de la transición de ingreso la determinamos mediante la ecuación:

Ecuación 88. Cálculo de la longitud de transición

$$L1 = \frac{0,67 - 0,39}{2 * tg (12^\circ 30')} = 0,63$$

Fuente: Autores, 2018

Siendo:

Θ : Ángulo de divergencia ($12^\circ 30'$)

B: Ancho del sedimentador (m)

b: Ancho del canal de llegada a la transición (m)

RESULTADOS DEL DISEÑO DEL PROCESO DE COAGULACIÓN**Coagulación**

El tipo de coagulante que se utilizará es sulfato de aluminio tipo B.

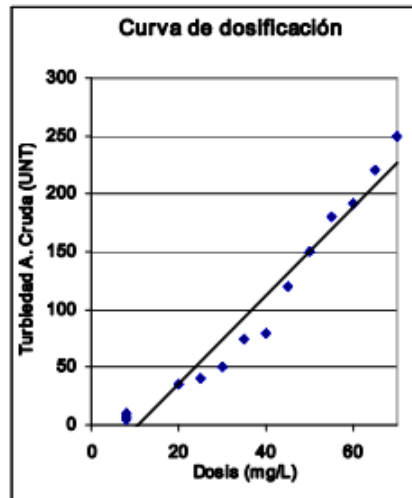


Figura 4. Curva de dosificación

Fuente: CEPIS, 2004.

La dosis promedio (D) esta dada por la dosis mínima (Dm) y Dosis máxima (DM) de dosificación que se deberán atender, los cuales se determinan a partir de la turbiedad máxima y mínima que deberá tratar la planta, información obtenida en el estudio de laboratorio (curva de dosis óptima versus turbiedad de agua cruda).

Dm: 55 mg/l

DM: 63 mg/l

D: 59 mg/l

Q: 0,433 l/s

C: 15 % = 150.000 mg/l

P: 100 %

Caudal promedio de solución por aplicar (q)*Ecuación 89. Cálculo del caudal unitario*

$$q = \frac{59 \frac{mg}{L} \times 2,6 \frac{L}{s}}{1 \times 150000 \frac{mg}{L}} = 0,0010 \frac{L}{s}$$

*Fuente: Autores, 2018***Volumen solución del tanque (v):**

El tanque de solución se diseña con el volumen necesario para que brinde servicio durante un turno de operación (T). La duración de cada turno es normalmente de 8 horas, pero para efectos de este caso, el turno de operación es de 4 horas. Deben considerarse siempre dos unidades, una en operación y la otra en preparación, de manera que el cambio pueda ser rápido y la dosificación continúa.

Ecuación 90. Cálculo del volumen del tanque

$$V \text{ por día} = \frac{0,0010 L}{s} \times \frac{4}{24} = 0,00017 L$$

*Fuente: Autores, 2018***Consumo promedio diario***Ecuación 91. Cálculo del consumo promedio diario*

$$P = \frac{2,6 l}{s} \times 59 \frac{mg}{l}$$

Fuente: Autores, 2018

$$P = 153.4 \text{ mg/s}$$

RESULTADOS DEL DISEÑO DEL VERTEDERO TRIANGULAR DE 90°**Mezcla rápida (Vertedero triangular de 90°)**

Como se conoce el caudal se procede a calcular la H altura máxima, para así determinar las demás dimensiones del vertedero.

Ecuación 92. Cálculo de la altura máxima

$$\left(\frac{\frac{0,26 \text{ m}^3}{s}}{\frac{8}{15}(0,6)\sqrt{2(9,81)}\tan\frac{90}{2}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Fuente: Autores, 2018

$$H = 0,50$$

Caudal específico

Ecuación 93. Cálculo del caudal específico

$$q = \frac{0,026 \text{ m}^3/\text{s}}{0,4 \text{ m}} = 0,065 \text{ m}^2/\text{s}$$

Fuente: Autores, 2018

Ancho (B): 0,4 m especificar pa que se uso

Altura crítica

Ecuación 94. Cálculo de la altura critica

$$hc = \sqrt[3]{\frac{(0,065)^2}{9,81}} = 0,062 \text{ m}$$

Fuente: Autores, 2018

Altura de agua en la sección 1*Ecuación 95. Cálculo de la altura de agua en la sección 1*

$$h1 = \frac{\sqrt{2} * 0,062 \text{ m}}{1,06 + \sqrt{\left(\frac{0,50}{0,062 \text{ m}} + 1,5\right)}} = 0,021 \text{ m}$$

*Fuente: Autores, 2018***Velocidad en la sección 1***Ecuación 96. Cálculo de la velocidad en la sección 1*

$$V1 = \frac{0,065 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}{0,021 \text{ m}} = 3,1 \text{ m/s}$$

*Fuente: Autores, 2018***Numero de Froude***Ecuación 97. Cálculo del número de Froude*

$$F1 = \frac{3,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\sqrt{(9,81)(0,021 \text{ m})}} = 6,82$$

Fuente: Autores, 2018

El numero de froude cumple porque se encuentra dentro del rango de 4,5 y 9 (Cesar, 2013).

Altura de agua en la sección 2*Ecuación 98. Cálculo de la altura de agua en la sección 2*

$$h2 = \frac{0,021 \text{ m}}{2} (\sqrt{1 + 8(6,82)^2}) = 0,20 \text{ m}$$

Fuente: Autores, 2018

Velocidad en la sección 2*Ecuación 99. Cálculo de la velocidad en la sección 2*

$$V_2 = \frac{0,065 \frac{m^2}{s}}{0,20 m} = 0,325 \frac{m}{s}$$

*Fuente: Autores, 2018***Longitud del resalto***Ecuación 100. Cálculo de la longitud del resalto*

$$L_j = 6(0,20 m - 0,021 m) = 1,07 m$$

*Fuente: Autores, 2018***Distancia del vertedero a la sección***Ecuación 101. Cálculo de la distancia del vertedero a la sección*

$$L_m = 4,3 * 0,5 m \left(\frac{0,062 m}{0,5 m} \right)^{0,9} = 0,32 m$$

*Fuente: Autores, 2018***Pérdida de carga en el resalto***Ecuación 102. Cálculo de pérdida de carga en el resalto*

$$h_p = \frac{(0,20 m - 0,021 m)^3}{4 * 0,021 * 0,20} = 0,34 m$$

Fuente: Autores, 2018

Velocidad media

Ecuación 103. Cálculo de la velocidad media

$$V_m = (3,1 \text{ m/s} + 0,325 \text{ m/s}) / 2 = 1,71 \text{ m/s}$$

Fuente: Autores, 2018

Tiempo de mezcla

Ecuación 104. Cálculo del tiempo de mezcla

$$T = \frac{0,32 \text{ m}}{1,71 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,18 \text{ s}$$

Fuente: Autores, 2018

Gradiente de velocidad

Ecuación 105. Cálculo del gradiente de velocidad

$$G = \sqrt{\frac{9800 * 0,34 \text{ m}}{1,139 * 10^{-3} * 0,18 \text{ s}}} = 4031.3860 \text{ S}^{-1}$$

Fuente: Autores, 2018

RESULTADOS DEL DISEÑO DE FLOCULADOR

Floculación

Longitud de los canales

Ecuación 106. Resultado de la longitud de los canales

$$l = 0,10 \frac{m}{s} \times 15' \times \frac{60s}{m} = 90 m$$

Fuente: Autores, 2018

V: 0,10 y 0,60 m/s. Se tomó 0,10 m/s (CEPIS)

T: Debe tomarse un tiempo entre el rango de 15' - 60'. Se tomó 15' (CEPIS)

Área de los canales

Ecuación 107. Resultado del área de los canales

$$a = \frac{0,026 \frac{m^3}{s}}{0,10 \frac{m}{s}} = 0,26 m^2$$

Fuente: Autores, 2018

Q: Qmd en m³/s.

Profundidad de la lamina de agua

Ecuación 108. Resultado la profundidad de la lámina de agua

$$d = \frac{0,26 m^2}{0,28 m} = 0,92 m$$

Fuente: Autores, 2018

Sb: Según el autor Handerbergh la altura minima de la lamina de agua en floculadores de flujo horizontal debe ser igual o mayor a 0,90 m. Por lo tanto se toma una separación entre tabiques (Sb) de 0,28 m con el fin de obtener una profundidad de 0,92m.

Profundidad del tanque

Ecuación 109. Resultado la profundidad del tanque

$$Altura\ total = 0,92\ m + 0,60\ m = 1,52\ m$$

Fuente: Autores, 2018

Según el autor Handerbergh se adopta un ancho libre de 0,60 m como mínimo

Espacio entre tabiques

Ecuación 110. Resultado del espacio entre tabiques

$$St = 1,5(0,28\ m) = 0.42m$$

Fuente: Autores, 2018

Ancho del floculador

Ecuación 111. Resultado del ancho del floculador

$$B = 3(0,825) + 1\ m = 3,5\ m$$

Fuente: Autores, 2018

b: 0,825 (CEPIS)

Número de canales en cada tramo

Ecuación 112. Resultado del número de canales en cada tramo

$$N = \frac{90\ m}{3,5\ m} = 26$$

Fuente: Autores, 2018

Longitud total del floculador*Ecuación 113. Resultado de la longitud total del floculador*

$$L = 26 \times 0,28 \text{ m} + (26-1) 0,006 = 7,43 \text{ m}$$

Fuente: Autores, 2018

e: 0,006 (CEPIS)

Pérdidas de carga en las vueltas (h1)*Ecuación 114. Resultado de pérdidas de carga en las vueltas*

$$h1 = 2 \frac{(0,10)^2 (26 - 1)}{2 \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)} = 0,025 \text{ m}$$

Fuente: Autores, 2018

K: 1.5 - 3. Recomendado el 2. (CEPIS)

Perímetro mojado en las secciones*Ecuación 115. Resultado del perímetro mojado en las secciones*

$$Pm = 2(0,7 \text{ m}) + 0,37 \text{ m} = 1,77 \text{ m}$$

*Fuente: Autores, 2018***Pérdida de carga en los canales (h2)***Ecuación 116. Resultado de la pérdida de carga en los canales*

$$h2 = 90 * \frac{0,030 (0,10)^2}{(0,142)^{\frac{2}{3}}} = 0,099 \text{ m}$$

Fuente: Autores, 2018

n: coeficiente de fricción de Manning: 0.030 (CEPIS).

Radio medio hidráulico*Ecuación 117. Resultado del radio medio hidráulico*

$$r = \frac{0,26 \text{ m}^2}{1,77 \text{ m}} = 0,15 \text{ m}$$

*Fuente: Autores, 2018***Pérdida total de carga en tramos***Ecuación 118. Resultado de pérdida total de carga en tramos*

$$hf = 0,025 + 0,099 = 0,124 \text{ m}$$

*Fuente: Autores, 2018***Gradiente de velocidad***Ecuación 119. Resultado del gradiente de velocidad*

$$G = \sqrt{\frac{9800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}^2} * 0.124 \text{ m}}{1,139 \times 10^{-6} \text{ N} \cdot \frac{\text{s}}{\text{s}^2} * 15 * 60}} = 34,43 \text{ s}$$

Fuente: Autores, 2018

Cumple con la condición de que según los autores: AWWA, Kawamura, Fair y Geyer entre otros, el gradiente de velocidad debe estar en el rango de $1 - 100 \text{ seg}^{-1}$.

RESULTADOS DEL DISEÑO DEL SEDIMENTADOR**Sedimentador****Caudal unitario***Ecuación 120. Resultado del caudal unitario*

$$q = \frac{0,026 \frac{m^3}{s}}{2} = 1123,2 m^3/d$$

*Fuente: Autores, 2018***Área del sedimentador***Ecuación 121. Resultado del área del sedimentador*

$$A = \frac{1123,2 m^3/d}{35 \frac{m^3}{m^2} * d} = 32,01 m^2$$

*Fuente: Autores, 2018***Ancho del sedimentador****Si la relacion largo/ancho del sedimentador es de 4, el ancho será de:***Ecuación 122. Resultado del ancho del sedimentador*

$$b = \sqrt{\frac{32,01 m^2}{4m}} = 2,83 m$$

*Fuente: Autores, 2018***La longitud será***Ecuación 123. Resultado de la longitud del desarenador*

$$L = \frac{32,01 m^2}{2,83 m} = 11,31 m$$

Fuente: Autores, 2018

El tiempo de retención será

Ecuación 124. Resultado del tiempo de retención

$$TRH = \frac{32,01 \text{ m}^2 * 4 \text{ m}}{1123,2 \text{ m}^3/\text{d}} = 2,64 \text{ h}$$

Fuente: Autores, 2018

Cumple con el tiempo de retención (2 - 4h).

Velocidad horizontal del flujo

Ecuación 125. Resultado de la velocidad horizontal de flujo

$$Vh = \frac{1123,2 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{4\text{m} * 2,83 \text{ m}} = 1,15 \frac{\text{m}}{\text{d}} = 1,15 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Fuente: Autores, 2018

Calculo del vertedero de salida

Calcula sobre el vertedero

Ecuación 126. Resultado del cálculo del vertedero

$$\frac{1123,2 \text{ m}^3/\text{d}}{2,83 \text{ m}} = 396,9 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \text{m}$$

Fuente: Autores, 2018

Caudal de la canaleta

Se asume un ancho de la canaleta de 0,4 m (ac)

Ecuación 127. Resultado del caudal de la canaleta

$$Qc = \frac{1123,2 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * 2,83 \text{ m}}{2,83 \text{ m} + 2 * 0,5 \text{ m}} = 830 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 0,0010 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Fuente: Autores, 2018

Profundidad de la lamina de agua

Ecuación 128. Resultado de la profundidad de la lámina de agua

$$h_o = \left(\frac{0,0010 \frac{m^3}{s}}{1.375 * 0,5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,012 \text{ m}$$

Fuente: Autores, 2018

$h_o > 0,08 \text{ m}$ con lo cual el cálculo es correcto.

Por lo tanto para calcular la altura del vertedero de salida aumentamos de 10 – 15 cm, de la altura de la lámina de agua, con lo cual la profundidad del vertedero $H_v = 0.012 + 0.12 = 0.132 \text{ m}$.

RESULTADOS DEL DISEÑO DE FILTRO**Filtración****Número de filtros***Ecuación 129. Resultado del número de filtros*

$$N: 0,044 * (224,64)^{0,5} = 0,66 = 2 \text{ unidades}$$

*Fuente: Autores, 2018***Tasa de filtración: 200 m³/día.m² (RAS, 2000)****Área total de filtración***Ecuación 130. Resultado del área total de filtración*

$$ATF = \frac{Qd}{q} = \frac{224,64 \text{ m}^3 * \text{día}}{200 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \text{m}^2} = 1,12 \text{ m}^2$$

*Fuente: Autores, 2018***Área superficial para cada filtro***Ecuación 131. Resultado del área superficial para cada filtro*

$$As = \frac{1,12 \text{ m}^2}{2} = 0,56 \text{ m}^2$$

*Fuente: Autores, 2018***Diametro de cada filtro***Ecuación 132. Resultado del diámetro de cada filtro*

$$D = \sqrt{\frac{4(0,56 \text{ m}^2)}{\pi}} = 0,84 \text{ m}$$

Fuente: Autores, 2018

RESULTADOS DEL PROCESO DE DESINFECCIÓN

Desinfección

Para la desinfección se utilizará para tal fin el hipoclorito de sodio en solución el cual maneja una dosis mínima de 1,7 mg/l y un máxima de 23,1 mg/l. mientras que la concentración de la solución esta en el rango de 10.000 a 50.000 mg/l (CEPIS).

Dosis promedio de desinfectante:

Ecuación 133. Resultado de la dosis promedio de desinfectante

$$D = \frac{(23,1 - 1,7)mg/l}{2} = 10,7 mg/l$$

Fuente: Autores, 2018

Caudal de solución a aplicar

Ecuación 134. Resultado del caudal unitario

$$q = \frac{Q D}{C} = \frac{2,6 l/s \times \frac{10,7 mg}{L}}{35000 \frac{mg}{l}} = 0.00079 \frac{l}{s}$$

Fuente: Autores, 2018

Consumo de desinfectante

Ecuación 135. Resultado del consumo de desinfectante

$$P = QD = (2,6 l/s \times 35000 \frac{mg}{L} \times 86400 s * dia) / (1000) = 7862400 kg/dia$$

Fuente: Autores, 2018

RESULTADOS DEL DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO**Almacenamiento.****Capacidad del tanque en m³**

Ecuación 136. Resultado de la capacidad del tanque

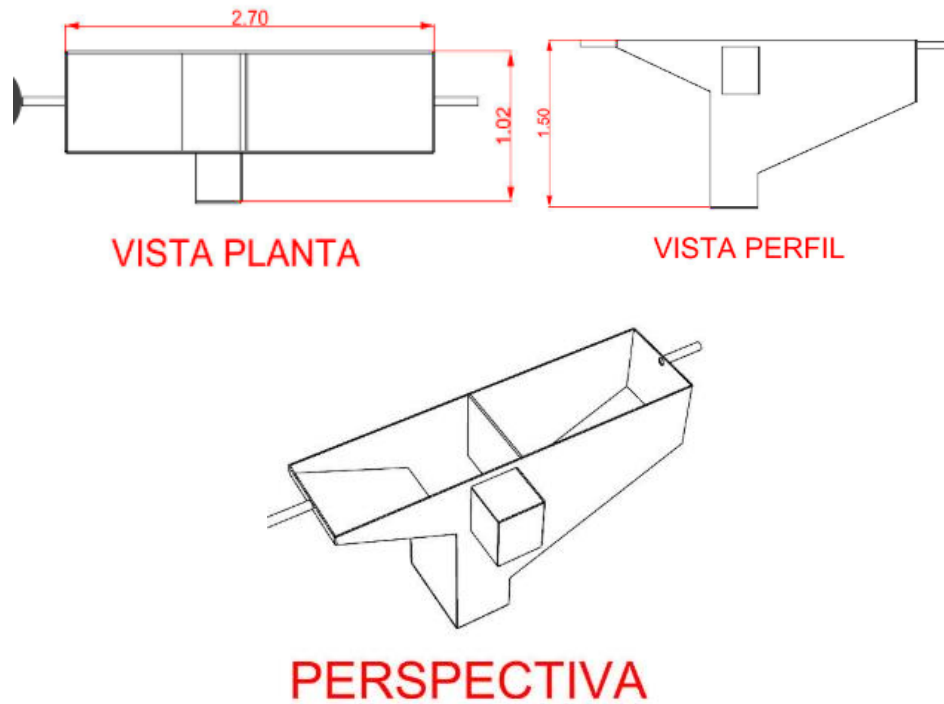
$$C = 14.58 * 0.034 \frac{m^3}{s} = 0.50 m^3$$

Fuente: Autores, 2018

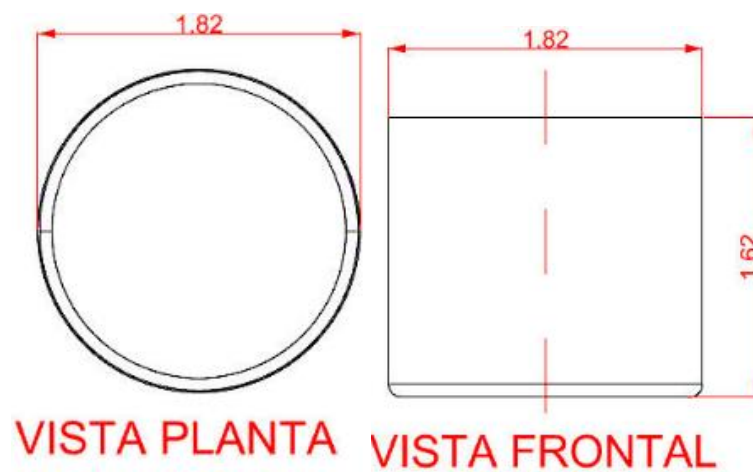
Este diseño corresponde a un tanque de distribución que almacena agua que será distribuida cada 24 horas.

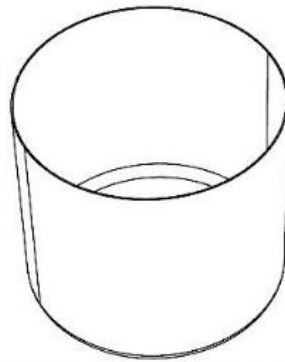
Anexo 8. Dimensionamiento de las unidades de tratamiento

Dimensionamiento del desarenador.



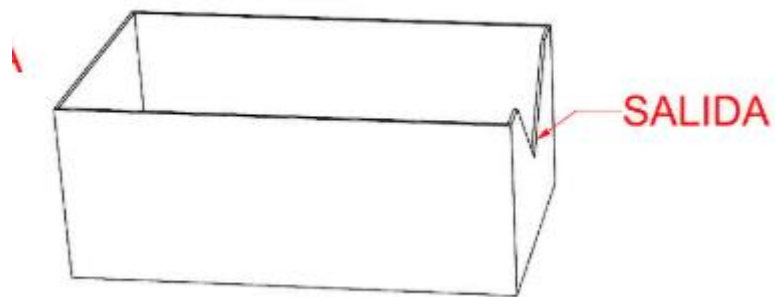
Dimensionamiento del proceso de coagulación





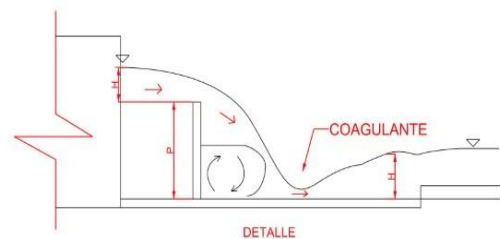
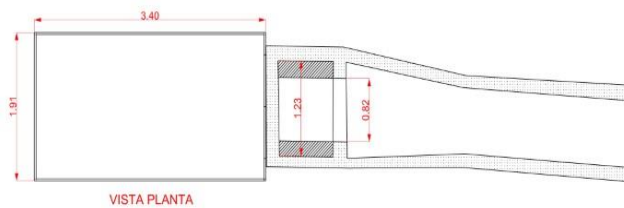
PERSPECTIVA

Dimensionamiento del vertedero triangular de 90°

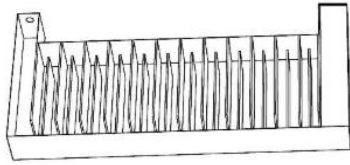


PERSPECTIVA

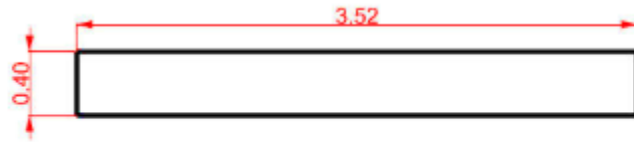
VERTEDERO TRIANGULAR



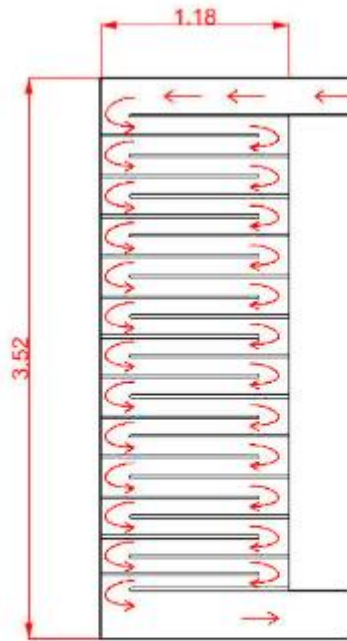
Dimensionamiento del floculador



PERSPECTIVA

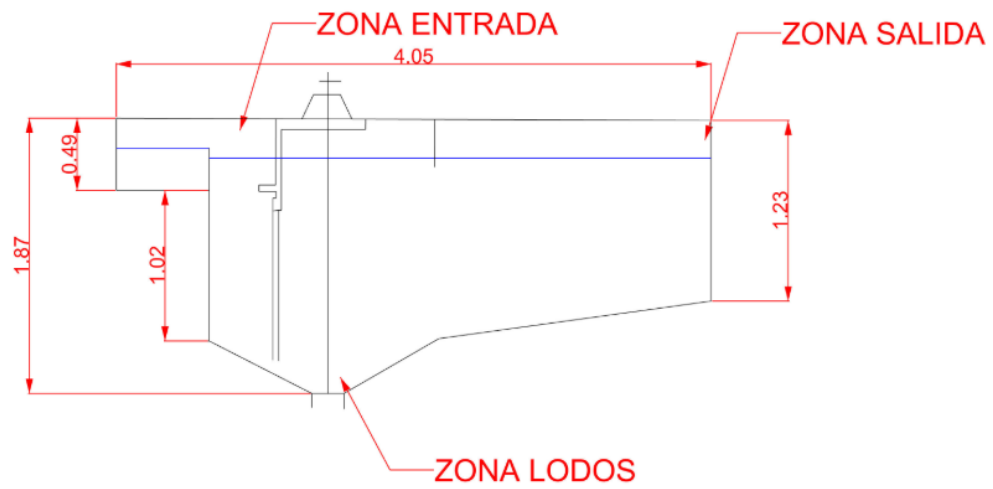


VISTA PERFIL



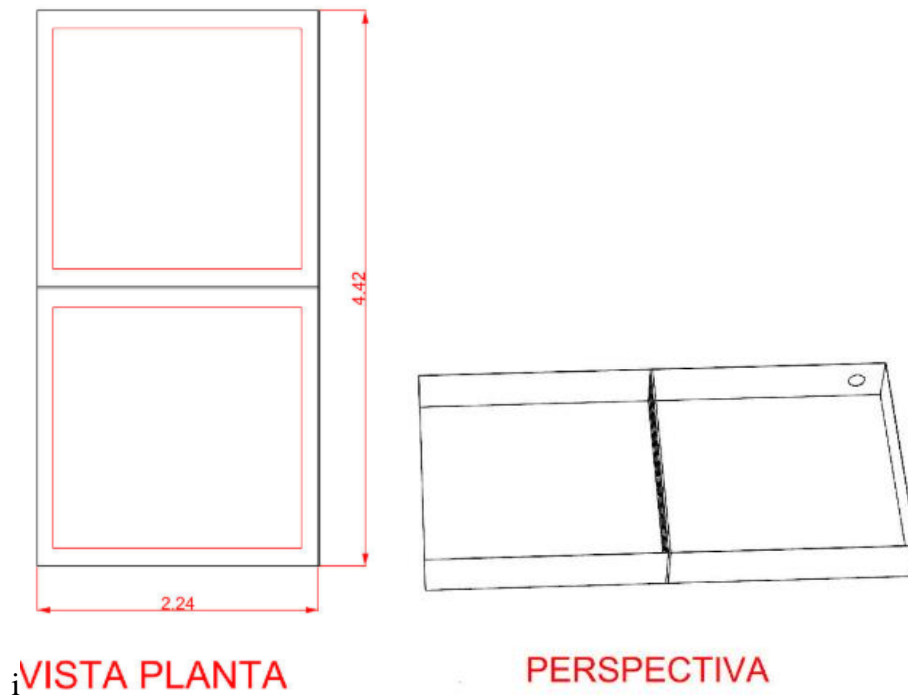
VISTA PLANTA

Dimensionamiento del sedimentador

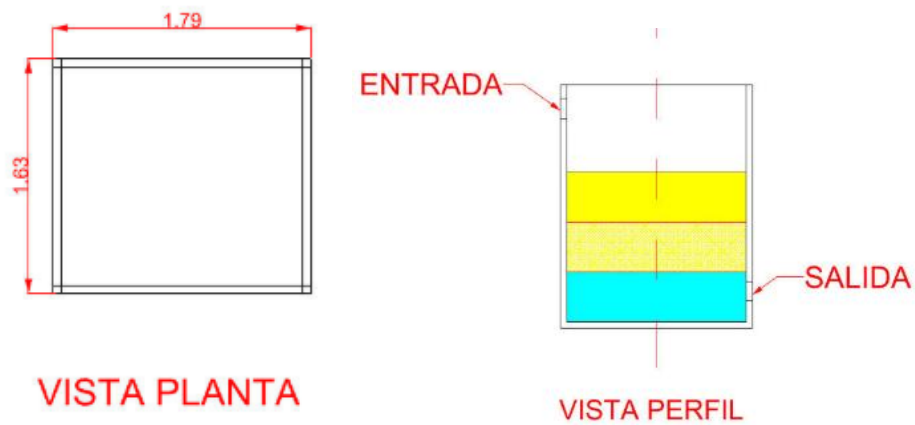


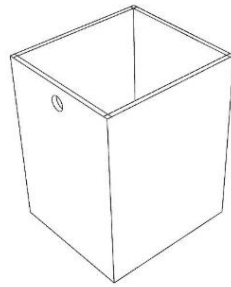
Dimensionamiento del filtro





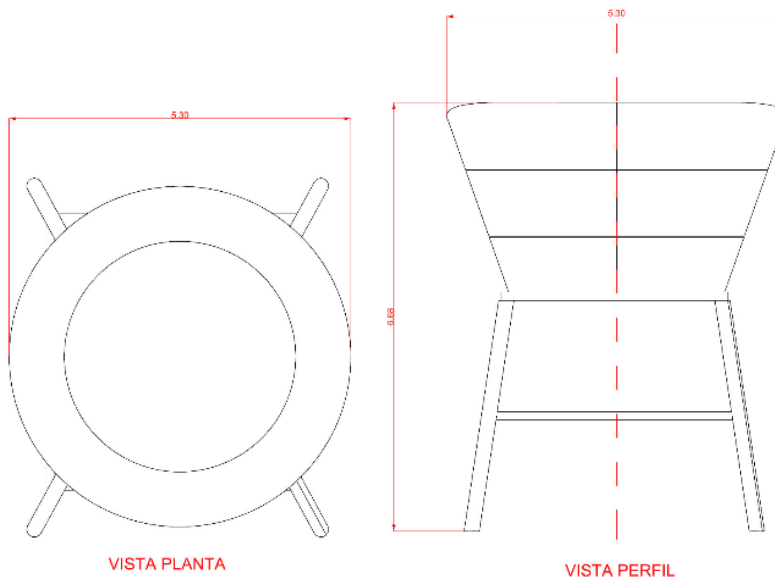
Dimensionamiento del proceso de desinfección





PERSPECTIVA

Dimensionamiento del tanque de almacenamiento



VISTA PLANTA

VISTA PERFIL



Anexo 9. Encuesta realizada a la comunidad “La Playita”



Nombre completo: _____

Nacionalidad: _____

Referencia de residencia: _____

Coordenadas: _____

Tiempo de residencia en el lugar que habita actualmente: _____

Edad: _____ Estado Civil: _____

Sexo: M__ F__

N° de hijos: _____

N° de personas que viven en su casa: _____

Pertenencia étnica (indígena, raizal, palenquero, negro, mulato, afrocolombiano o afrodescendiente): _____

Nivel de estudios:

Primaria: __ Secundaria: __ Técnico: __ Tecnólogo: __ Universitario: __ Ninguno: __ Otros: __

Tipo de Vivienda:

Casa: __ Apartamento: __ Cuarto – Otro: __

Servicios con que cuenta la vivienda:

Energía Eléctrica: __ Alcantarillado: __ Acueducto: __ Gas Natural: __ Otro: __ Ninguno: __

Ocupación: _____

Ocupación de su pareja: _____

Ingresos mensuales: _____

Migración extraordinaria: _____

Turismo: _____

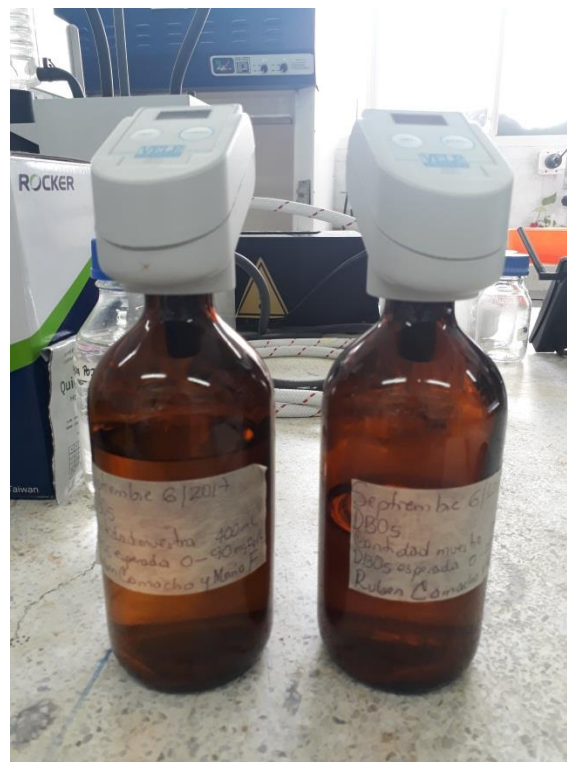
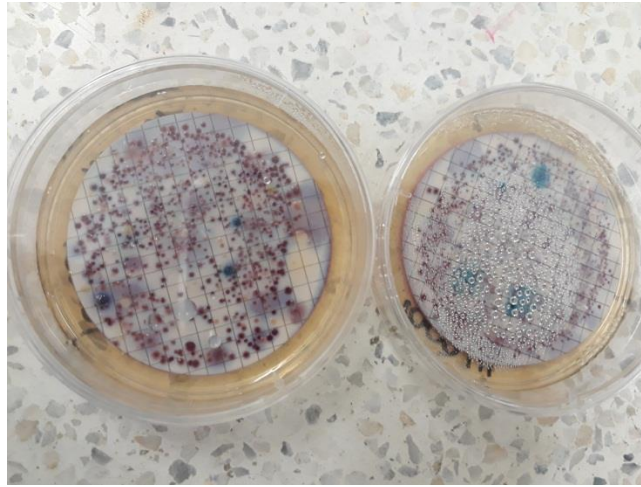
Personas viviendo en el exterior: _____

En su hogar, ¿Cuál es la manera de abastecerse de agua potable?

En caso de implantarse una PTAP en la zona que habita, ¿Pagaría usted el servicio de abastecimiento de agua potable? Sí__ No__ ¿Por qué? _____

¿Desearía que éste sea subsidiado por algún ente gubernamental? _____

Anexo 10. Pruebas de laboratorio



Anexo 11. Evidencias visita a la comunidad “La Playita”





